

Dissertação de mestrado – junho de 2023

# MODELAGEM ENERGÉTICA PARA EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS:

Uma Visão para O Edifício Palácio do Desenvolvimento,  
Sede do INCRA, em Brasília, Distrito Federal

**EDUARDO JONATHAN RAMOS E SILVA SAMPAIO**  
ORIENTADORA: ERONDINA AZEVEDO DE LIMA



Programa de Pós-Graduação  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Universidade de Brasília

# **MODELAGEM ENERGÉTICA PARA EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS:**

**Uma Visão para O Edifício Palácio do Desenvolvimento,  
Sede do INCRA, em Brasília, Distrito Federal**

---

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

**Eduardo Jonathan Ramos e Silva Sampaio**

Orientadora: Erondina Azevedo de Lima

Brasília, junho de 2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

SS192m Sampaio, Eduardo Jonathan Ramos e Silva  
Modelagem Energética para Edificações Sustentáveis: Uma  
Visão para O Edifício Palácio do Desenvolvimento, Sede do  
INCRA, em Brasília, Distrito Federal / Eduardo Jonathan  
Ramos e Silva Sampaio; orientadora Erondina Azevedo de  
Lima. -- Brasília, 2023. 84p.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -  
Universidade de Brasília, 2023.

1. Eficiência Energética. 2. Método Prescritivo. 3.  
Simulação. 4. Energia. I. Lima, Erondina Azevedo de,  
orient. II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SAMPAIO, E. J. R. e S. (2023). Modelagem Energética para Edificações Sustentáveis: Uma Visão para O Edifício Palácio do Desenvolvimento, Sede do INCRA, em Brasília, Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 84p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Eduardo Jonathan Ramos e Silva Sampaio.

TÍTULO: Modelagem Energética para Edificações Sustentáveis: Uma Visão para O Edifício Palácio do Desenvolvimento, Sede do INCRA, em Brasília, Distrito Federal

GRAU: Mestre ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Eduardo Jonathan Ramos e Silva Sampaio

SQS 210 Bloco J Apartamento 504

CEP: 70.273-100 | Brasília/DF – Brasil

e-mail: eduardojsampaio@gmail.com

# MODELAGEM ENERGÉTICA PARA EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS:

Uma Visão para O Edifício Palácio do Desenvolvimento,  
Sede do INCRA, em Brasília, Distrito Federal

---

Eduardo Jonathan Ramos e Silva Sampaio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Erondina Azevedo de Lima

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Erondina Azevedo de Lima (1º membro – presidente)

Universidade de Brasília

---

Prof. Dr. Lenildo Santos da Silva (2º membro)

Universidade de Brasília

---

Prof. Dr. Flávia Maria de Moura Santos (3º membro)

Universidade Federal de Mato Grosso

---

Profa. Dra. Luana Cristina Wouk (4º membro – suplente)

Universidade de Brasília

Brasília, junho de 2023





“Ninguém nasce feito, é experimentando-nos no mundo que nós nos fazemos”.

Paulo Freire

# Agradecimentos

Queridos mãe, pai, familiares e amigos.

Hoje eu quero expressar toda a minha gratidão por cada um de vocês. Não existem palavras suficientes para descrever o quanto eu sou grato por ter pessoas tão maravilhosas em minha vida e que me deram todo o suporte para eu chegar nesta atual etapa.

Especialmente a minha mãe Tereza! Obrigado por ser a minha rocha, a minha inspiração, a minha guerreira. Sempre estive ao meu lado, em todos os momentos, me apoiando, me amando e me encorajando. Você é a melhor mãe do mundo, e eu não seria a pessoa que sou hoje sem o seu amor e dedicação. Você é responsável pela minha melhor versão!

Ao meu pai, Bairton, obrigado pelo exemplo, por ser meu amigo e por sempre me incentivar e apoiar na concretização dos meus objetivos. Você me fez ser forte, ser crítico e a valorizar a humanidade das pessoas. Obrigado por ser inúmeras vezes meu porto seguro.

Agradeço às minhas tias Carmem, Gilda e Celeste que foram peças essenciais na formação do meu caráter. Tia Gilda, a senhora estará para sempre guardada em meu coração! Obrigado, meus irmãos e sobrinhos. À Carla, Andréia, Duda, José e Onildinho, meus primos que tenho como irmãos, obrigado por fazerem parte da minha vida e por estarem sempre presentes em momentos importantes como neste ciclo aqui que se finda. Vocês são a minha família, a minha base, e eu sou grato por cada um de vocês.

À minha orientadora Erondina Azevedo, a quem sou imensamente grato por toda a sua sabedoria, incentivo e paciência durante o meu mestrado. Também agradeço à professora Cláudia Amorim, pela promoção de conhecimento que aguçou, encorajou e inspirou este trabalho. Faço um agradecimento especial a todo o Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, aos seus professores e colaboradores.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) por todo o apoio fornecido durante o desenvolvimento das avaliações. Em primeiro lugar, agradeço ao INCRA por ceder o espaço necessário para a realização das medições. Sem a generosidade em disponibilizar o local, não teria sido capaz de conduzir o estudo de forma eficaz. Além disso, gostaria de estender meu agradecimento à equipe de brigadistas, cuja dedicação e profissionalismo garantiram a segurança e o bem-estar durante todo o processo. Também agradeço à equipe de engenharia pelo suporte técnico fornecido. A colaboração e o comprometimento do

INCRA foram fundamentais para o sucesso deste estudo. Expresso minha sincera gratidão a todos os envolvidos no processo e valorizo imensamente a parceria estabelecida com o INCRA.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a Simone Cavadas, minha chefe atual, por seu comprometimento em aprimorar minha carreira profissional e por incentivar meu autodesenvolvimento. Agradeço também a Mariana Queiroz e Marcelo Oliveira, meus antigos chefes, por me apresentarem ao fascinante mundo da eficiência energética. Seu conhecimento e dedicação me inspiraram a explorar esse campo e a buscar novas soluções inovadoras.

Aos meus amigos, Amanda Leite, Ana Ávila, Ana Luiza, Bárbara Maria, Bruna Ayumi, Bruno Doberstein, Bruno Lopes, Camila Fernandes, Diego Alexander, Edson Thiago, Eduardo Cotta, Eduardo Xavier, Elaise Gabriel, Felipe Quintiães, Fellype Levi, Flora Lyn, Francelino Júnior, Franciny Ternório, Francisco Edson, Franco Mota, Gabriel Damasceno, Igor de Oliveira, Ítalo Dombrowski, João Félix, Kaio Sancho, Karina Lima, Luanna Pinheiro, Maria Cícera, Matheus Araújo, Matheus Dutra, Maurício Barreto, Mayara Souza, Nayara Soares, Paulo Gamaro, Rachel Dodds, Rodrigo Fortunato, Taynah Brandão, William Stewart e Yann Teixeira, obrigado por serem tão incríveis. Vocês são a minha segunda família, os meus confidentes, os meus companheiros de aventura e que trouxeram calma para que eu passasse pelos momentos de dúvidas, fraquezas e decepções que porventura ocorreram ao longo do processo.

Obrigado a Mario Mendes e a Vinícius Siqueira, que, além de serem grandes e fraternos amigos, parceiros de trajetória profissional, estando ao meu lado em inúmeras situações, trouxeram um grande suporte técnico e analítico por meio das suas respectivas empresas M.R. Energia e Grupo BS Energia. Vocês são demais!

Este trabalho não existiria sem o pouco que aprendi com cada um de vocês. Obrigado por todo amor, apoio, solicitude, carinho e amizade. Eu serei eternamente grato por tê-los em minha vida.





## RESUMO

O mercado da eficiência energética está experimentando um crescimento significativo, impulsionado pela necessidade de reduzir o consumo de energia em unidades consumidoras e pela crescente conscientização sobre questões ambientais. Esses projetos têm recebido amplo apoio técnico de profissionais do setor e da sociedade em geral, devido à sua relevância para a sustentabilidade e à possibilidade de integrá-los às tendências atuais em termos de concepção projetual. Para desenvolver esses projetos, são utilizadas metodologias prescritivas, com equacionamentos, e simulações por meio de ferramentas computacionais, com o objetivo de compreender a realidade do consumidor e propor ações eficientes que se adéquem às suas necessidades específicas. No entanto, a implementação desses projetos enfrenta desafios, como restrições de tempo, altos custos de auditorias e consultorias, e a necessidade de conhecimentos técnicos especializados. Para garantir uma avaliação mais precisa e quantificar os benefícios obtidos com os projetos de eficiência energética, é necessário realizar verificações de desempenho e modelamento energético focados na sustentabilidade. O edifício Palácio do Desenvolvimento, localizado em Brasília, Distrito Federal, foi selecionado como caso de análise, e foram realizadas medições do consumo de energia, análises das características construtivas e de uso, validação dos dados da estação meteorológica, monitoramento climático e simulações para avaliar potenciais sugestões de ações de eficiência energética, que abrangem tanto aspectos tecnológicos quanto operacionais. Os resultados dessas análises proporcionaram informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias eficientes e sustentáveis no contexto do edifício estudado. Eles demonstraram uma consistência significativa em relação aos parâmetros avaliados. Foi observado que as características construtivas adotadas no modelo de simulação proporcionaram resultados coerentes, refletindo adequadamente o desempenho energético do edifício em estudo. Além disso, os dados operacionais utilizados nos cálculos e na simulação mostraram-se adequados, o que contribuiu para uma análise precisa. A comparação entre os dados climáticos medidos na edificação e os dados climáticos nacionais demonstrou uma concordância satisfatória, validando a representatividade do ambiente local. Adicionalmente, os dados climáticos utilizados no simulador apresentaram um comportamento similar aos dados climáticos nacionais, o que aumenta a confiabilidade das simulações realizadas. Essa consistência e similaridade entre os resultados evidenciam a robustez das análises realizadas e reforçam a validade das conclusões obtidas a partir das simulações.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética; Método Prescritivo; Simulação; Energia.



## ABSTRACT

The energy efficiency market is experiencing significant growth, driven by the need to reduce energy consumption in consumer units and the increasing awareness of environmental issues. These projects have received extensive technical support from industry professionals and society at large, due to their relevance to sustainability and the opportunity to align them with current trends in project design. To develop these projects, prescriptive methodologies with equations and simulations using computational tools are employed to understand the consumer's reality and propose efficient actions that meet their specific needs. However, implementing these projects faces challenges such as time constraints, high costs of audits and consultations, and the need for specialized technical knowledge. To ensure a more accurate assessment and quantify the benefits obtained from energy efficiency projects, performance verification and energy modeling focused on sustainability are necessary. The *Palácio do Desenvolvimento* building in Brasília, Federal District, was selected as a case study, and measurements of energy consumption, analyses of construction and usage characteristics, validation of meteorological data, climate monitoring, and simulations were conducted to evaluate potential suggestions for energy efficiency actions that encompass both technological and operational aspects. The results of these analyses provided valuable insights for the development of efficient and sustainable strategies within the context of the studied building. They demonstrated significant consistency with the evaluated parameters. It was observed that the construction characteristics adopted in the simulation model yielded coherent results, accurately reflecting the energy performance of the building under study. Furthermore, the operational data used in calculations and simulations proved to be suitable, contributing to precise analysis. The comparison between the measured climatic data in the building and the national climatic data showed satisfactory agreement, validating the representativeness of the local environment. Additionally, the climatic data used in the simulator exhibited a behavior similar to the national climatic data, enhancing the reliability of the conducted simulations. This consistency and similarity among the results highlight the robustness of the analyses performed and reinforce the validity of the conclusions drawn from the simulations.

**Keywords:** Energy Efficiency; Prescriptive Method; Simulation; Energy.



# Sumário

1. Introdução .....	1
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo Geral .....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
2. Revisão de Literatura .....	6
2.1 Normatização de projetos de eficiência energética e simulações .....	6
2.2 Processo do Projeto .....	10
2.3 Clima .....	11
2.4 Sistema de geração fotovoltaica.....	12
2.5 Vidros BIPV .....	13
3. Materiais e Métodos .....	14
3.1 Levantamento dos dados do edifício.....	15
3.2 Caracterização do perfil de consumo e padrão de ocupação .....	21
3.3 Levantamento de dados climáticos .....	24
3.4 Simulações.....	25
4. Análise de Resultados .....	30
4.1 Características construtivas e de uso .....	30
4.2 Consumo de energia do edifício e balanço energético .....	32
4.3 Validação de dados da estação meteorológica .....	37
4.4 Variáveis climáticas .....	40
4.5 Simulações.....	43
5. Considerações Finais .....	56
6. Referências .....	59
ANEXOS.....	63

## Lista de Figuras

Figura 1 Modelo de etiqueta ENCE .....	7
Figura 2 Diagrama de especificação de simulação de desempenho energético em edificações .....	11
Figura 3 Esquema dos sistemas fotovoltaicos <i>on grid</i> e <i>off grid</i> .....	13
Figura 4 Fluxograma da metodologia elaborado para a pesquisa .....	15
Figura 5 Edifício Palácio do Desenvolvimento (Sede do INCRA) .....	16
Figura 6 Mapa de Brasília e localização do Edifício Palácio do Desenvolvimento (Sede do INCRA) ....	16
Figura 7 Fachada Oeste Ed. Palácio do Desenvolvimento .....	17
Figura 8 Características construtivas e <i>inputs</i> de simulação .....	18
Figura 9 Orientação das fachadas .....	19
Figura 10 Retirada de brises para troca de janelas .....	20
Figura 11 Andares desocupados .....	21
Figura 12 Lista das características do perfil de consumo e padrão de ocupação .....	22
Figura 13 Especificação técnica dos aparelhos de AC da edificação .....	23
Figura 14 Quantitativo de equipamentos de AC por andar e por fachada .....	23
Figura 15 Brises internos .....	31
Figura 16 Consumo de energia do prédio entre os anos 2018 e 2022 .....	32
Figura 17 Consumo Anualizado por andar .....	33
Figura 18 Motores elétricos com alto consumo de energia dos elevadores .....	34
Figura 19 Balanço energético do 18º Andar .....	36
Figura 20 Teste de Bland-Altman Temperatura do Ar (Out/22 e Jan/23) .....	38
Figura 21 Teste de Bland-Altman Umidade Relativa (Out/22 e Jan/23) .....	38
Figura 22 Teste de Bland-Altman Velocidade do Vento (Out/22 e Jan/23) .....	39
Figura 23 Teste de Bland-Altman Precipitação de Chuva (Out/22 e Jan/23) .....	40
Figura 24 Comparativo de características climáticas ao longo do ano de 2022 .....	42
Figura 25 Direção de incidência nos ventos de jan/22 a dez/22 .....	43
Figura 26 Modelamento da Edificação .....	44
Figura 27 Exemplo de quantitativo de zonas sugeridas para a simulação 1 .....	45
Figura 28 Exemplo de quantitativo de zonas com limitação na simulação 2 .....	45
Figura 29 Comparativo de dados climáticos INMET x Design Builder .....	46
Figura 30 Sombreamento de pontos de geração de FV .....	49
Figura 31 Geração do sistema FV simulado para o edifício .....	50
Figura 32 Radiação de Brasília .....	51
Figura 33 Gráfico de Retorno de Investimento ( <i>Payback</i> ) .....	53

## Lista de Equações

Equação 1 Energia Consumida pelo sistema de iluminação.....	8
Equação 2 Energia Consumida pelo sistema de condicionamento ambiental .....	9



## Lista de Tabelas

Tabela 1	Combinações de métodos de avaliação para obtenção de certificação ENCE PBE Edifica .....	8
Tabela 2	Características descritivas de edificações típicas de escritórios .....	18
Tabela 3	Orientação das fachadas com aberturas do Edifício .....	19
Tabela 4	Quantidade aproximada de equipamentos por andar .....	24
Tabela 5	Especificação dos equipamentos utilizados na simulação .....	27
Tabela 6	Valores verificados na tomada de preços .....	28
Tabela 7	Valores de tarifa de energia e de reajuste anual .....	28
Tabela 8	Valores de índices relativos à operação e manutenção do sistema FV .....	28
Tabela 9	Resumo de custos e características do sistema .....	29
Tabela 10	Consumo anualizado por andar & Andares com maior consumo .....	34
Tabela 11	Avaliação de Custos e Retorno de Investimento .....	52
Tabela 12	Avaliação de Custos e Retorno de Investimento .....	53
Tabela 13	Consumo de energia faturado nos andares estudados .....	64
TABELA 14	CÁLCULO DE RETORNO DE INVESTIMENTO NO SISTEMA FOTOVOLTAICO IMAGINADO ( <i>PAYBACK</i> ) .....	65

## Lista de Siglas e Abreviaturas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AEE – Ações de Eficiência Energética
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- BIPV – Painéis Solares Integrados à Construção (*Building Integrated Photovoltaics*)
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
- COP – Coeficiente de eficiência energética sazonal
- CPP – Chamada Pública de Projetos
- ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
- FV – Fotovoltaico
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
- INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- LED – Diodo Emissor de Luz (*Light-Emitting Diode*)
- NASA - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (*National Aeronautics and Space Administration*)
- ONU – Organização das Nações Unidas
- P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
- PEE – Projeto de Eficiência Energética
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- PROPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
- RCB – Relação Custo-Benefício
- RTQ-C – Regulamentos Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais
- RTQ-R – Regulamentos Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
- SBN – Setor Bancário Norte
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul



# 1. Introdução

O mundo tem demandado processos de reestruturação, de reenquadramento de parâmetros de análises e escopos de projetos cada vez mais voltados a otimizações, corte de custos e oferta de serviços e produtos mais eficientes. O Relatório da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas – ONU (2015) traz diversas propostas. Um exemplo delas, elencada no objetivo 11 (onze) de Cidades e Comunidades Sustentáveis, lança como meta “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, incentivando a sustentabilidade de cidades e comunidades e de fornecer energia limpa e acessível, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental gerado pelo consumo de energia da população mundial.

O crescimento de grandes centros urbanos e suas transformações alteram e impactam o funcionamento e o consumo energético de regiões de uma maneira acelerada. Essa situação gera casos de degradação ambiental e fomenta debates de como a sociedade tornará viável o contínuo desenvolvimento, e como cada região do planeta, com suas características próprias de mercado, economia e população, será responsável por mudanças climáticas que impactam diretamente as alterações sofridas na atualidade (ATHIENITIS; O’BRIEN, 2015).

O PROCEL, por meio de seu relatório de resultados (2022), mostra que 22,73 bilhões de kWh foram economizados por meio da promoção do uso eficiente da energia elétrica e combate ao desperdício em 2021. Por isso, visualizando esse crescimento tão expressivo de ações de eficiência energética, é buscado o entendimento de como a contínua alteração do ambiente construído impacta o consumo de energia de um local (SANTOS, 2020).

A grande parte de consumo de energia ocorre em função das necessidades de adaptação dos ambientes internos por meio de iluminação artificial e da climatização que usa aparelhos de condicionamento ambiental, usos finais de energia já conhecidos e normalmente trabalhados por meio de simples mudanças de equipamentos por outros mais novos (SARRA, 2019). No relatório de consumo e receita de energia da ANEEL (2020a), mostra-se que 73% da energia consumida em 2019 está enquadrada pelas classes: residenciais, poder público, comercial e serviços.

O impacto ambiental e os custos energéticos das estruturas prediais em operação ao redor do mundo seguiram um padrão de replicação de uma maneira indiscriminada desde a segunda metade do século XX. Essa mudança mostra diversos exemplos de problemas de conforto e saúde dos ocupantes, que inspiraram no início da década de 1990 o surgimento de novos paradigmas arquitetônicos e de desempenho ambiental (GONÇALVES, 2019). Foram traçados novos moldes com proposição de redução da demanda energética e melhora da dinâmica social e da qualidade ambiental por meio das respostas arquitetônicas arguidas por projetistas na ocasião.

Emmanuel (2016) colabora ao demonstrar a importância que valorizar as atuais oportunidades de trabalhos arquitetônicos relacionados ao condicionamento ambiental e ao conforto térmico de edifícios pode trazer à temática de eficiência energética. Para ele, as operações dos edifícios construídos nos trópicos devem ter um correto modelamento térmico, pois o posicionamento geográfico das cidades onde foram construídos gera um consumo de energia exagerado de aparelhos de ar-condicionado.

Para que haja uma correta redução de consumo e para que ela ocorra de uma forma eficiente e otimizada, é necessária a integração dos sistemas naturais e artificiais (GHISI; TINKER; IBRAHIM, 2005). Há demanda por projetos que aproveitem movimentações das massas de ar com uso do fluxo das correntes dos ventos internamente nos edifícios e esse método de desenho arquitetônico seja um fator de diminuição da utilização de aparelhos de condicionamento de ar alimentados eletricamente (GHISI; TINKER; IBRAHIM, 2005). Lee (2009), antigo primeiro ministro de Cingapura, colabora com a ideia defendida ao valorizar as oportunidades relacionadas ao conforto térmico em cidades tropicais, pois, ao afirmar que “graças ao ar-condicionado houve uma mudança na natureza da civilização dando condições de trabalho nos trópicos”, mostra a importância que deve ser dada para esta temática ao relatar a dependência que países tropicais têm de fontes de conforto térmico e que geram um consumo cada vez maior de eletricidade.

Outro ponto, agora relacionado aos modos de iluminação se vale da ideia de que muito além do simples uso da iluminação natural oriunda da insolação controlada como metodologia para redução do consumo de energia elétrica, que seria utilizada por meio de fontes artificiais, o uso da luz do Sol é importante para “o conforto e a saúde”, pois é garantida por uma energia limpa, livre de meios danosos provenientes de sistemas de geração de

energia nocivos ao meio ambiente (SCARAZZATO, 2019). É também comentado que, em situações inadequadas ao uso de iluminação natural, deve ser realizado um prévio estudo de observação para que sejam mapeadas as soluções disponíveis e que as escolhas de iluminação artificial devam ser otimizadas de maneira adequada por projetos luminotécnicos, dando nitidez, qualidade de luz e índices de reprodução de cor compatíveis com o necessário por meio das tecnologias mais atuais e que garantam a eficiência luminosa necessária.

Programas governamentais ao redor do mundo visam a estimular a implantação e intensificação do desenvolvimento tecnológico e industrial do mercado de energia fotovoltaica e de eficiência energética (TORRES, 2012). Ao traduzir essa ideia para a realidade brasileira, encontramos programas de incentivo que se destacam: P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e PEE (Projetos de Eficiência Energética), regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Estes últimos foram criados pela Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que obriga as concessionárias de distribuição de energia elétrica a reverterem 0,5% da sua receita operacional líquida em projetos de eficiência energética (PEE) e outros 0,5% em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Outro exemplo de estímulo aos projetos de eficiência energética é destinado aos projetos de otimização de consumo de energia em edificações. Ele está vinculado ao PROCEL Edifica tendo suas diretrizes e critérios para a atividade de avaliação da conformidade oriundos da Portaria: nº 372/2010 do (INMETRO, 2010) e baseados nos Regulamentos Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações RTQ-C, para Comerciais, de Serviços e Públicas e RTQ-R para os Residenciais. Parte desse incentivo e dessa carga de investimentos pode trazer oportunidades de captação de recursos para projetos arquitetônicos energeticamente eficientes que podem ser objeto de análise da metodologia de avaliação deste projeto de dissertação.

A busca por esses meios vem fomentando os projetos de PEE da ANEEL que têm dentro do seu escopo editais de fomento, oferecendo fontes de recursos destinados à efficientização de unidades consumidoras de diversas tipologias. Os recursos são repassados pelas distribuidoras de energia, que gerem e acompanham os avanços dos projetos. Já as proponentes são as responsáveis por propor as ações de eficiência energética (AEE) a serem realizadas. Guias são propostos para fornecer a padronização e sistematização do PEE (ANEEL, 2016). Aliado a todo o conhecimento e incentivos financeiros, há o avanço tecnológico.

Simulações computacionais facilitam as avaliações, mas não são comumente associadas aos projetos propostos por essas proponentes (MOKWA, 2021).

Outro ponto importante é que a pandemia de covid-19 teve um impacto significativo no uso de prédios comerciais e do poder público em todo o mundo. Governos adotaram as ações necessárias para reduzir a disseminação do coronavírus e foi proposto o distanciamento social. Com o fechamento de escritórios e lojas para conter a propagação do vírus, muitos edifícios foram esvaziados. Muitas empresas e indivíduos optaram por trabalhar e fazer compras *on-line*, o que reduziu a necessidade de espaço físico (CHALOEYTOY; INKAROJRIT; THANACHAREONKIT, 2022). Muitos prédios ficaram vazios, resultando em uma queda vertiginosa no consumo de energia elétrica. Além disso, com mais pessoas trabalhando e estudando em casa, houve uma redução na demanda por ar-condicionado e iluminação nos escritórios e escolas. Isso levou a uma redução de custos de energia para operação dos prédios (SU *et al.*, 2022).

Neste trabalho, serão expostas temáticas que refletem os apontamentos citados anteriormente. Eles serão abordados por meio de reflexões e análises realizadas no Edifício Palácio do Desenvolvimento, construído em Brasília, Distrito Federal. Ele está passando por diversas ações de renovação desde a sua estrutura. Vislumbrou-se, a partir daí, a ideia de propor algumas ações para a efficientização de prédios públicos. O prédio, que também funciona como sede do INCRA, serve aqui como um caso prático para a pesquisa e contextualiza a justificativa de algumas atividades utilizadas para sanar a ineficiência energética em edificações com rotinas de escritório. Mostra-se, portanto, uma oportunidade para a verificação de como um passo a passo de proposições de ações de efficientização pode trazer facilidades e redução de tempo ao longo das diferentes etapas do projeto.

Nesse sentido, imagina-se que há a oportunidade de demonstrar como ações de eficiência energética podem ser propostas, não se restringindo apenas à instalação de sistemas de iluminação em LED, ação comumente elaborada por projetos de eficiência energética por sua praticidade e custo relativamente baixo. Há aqui margem para incorporação de ações destinadas à envoltória do edifício e às fontes incentivadas de geração de energia (ANEEL, 2020b). Trabalhos mostram que há a demanda por novos parâmetros para a análise em projetos de eficiência energética (SCHWALM, 2021). São exemplificadas

propostas onde não sejam somente analisadas ações voltadas ao uso final de energia elétrica, ou seja, à simples troca, mas também a resultados de ações voltadas à envoltória e a projetos de geração sustentável.

Triana e Lamberts (2013), trouxeram à tona propostas de inclusão de estratégias para melhoria de desempenho térmico e uso racional de energia. Simulações computacionais usadas para verificação e validação das estratégias que otimizem a envoltória de uma edificação é uma ação importante no desempenho de um local. Portanto, vê-se, nesses exemplos, que há oportunidades em um amplo espectro de consumo e produção de energia elétrica em que podem ser feitas avaliações que permitam projetos mais analíticos e que sejam mais adequados às necessidades do consumidor.

## **1.2. Objetivos**

Os objetivos gerais e específicos são descritos a seguir.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho foi modelar o consumo de energia de uma edificação e analisar como a incorporação de ações de eficiência energética pode influenciar no seu desempenho.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a. Definir os principais parâmetros de estudo para a coleta de informações e dados que servirão ao embasamento do projeto para um melhor planejamento, implantação e monitoramento futuro;
- b. Demonstrar, por meio de um caso real, como o planejamento e organização de informações dentro de um projeto de efficientização influenciam a qualidade do projeto;
- c. Analisar a influência de ações de eficiência energética vinculadas às escolhas de materiais a serem implementados no projeto (vidros de janela e equipamentos de geração);
- d. Propor ações destinadas a efficientização de uma edificação a partir de características climáticas locais levantadas e expostas.



## 2. Revisão de Literatura

Este capítulo discorre sobre os principais conceitos utilizados na pesquisa trabalhada, servindo como fundamento para os tópicos dissertados ao longo do texto. São expostas temáticas relacionadas a processos projetuais que vão desde a formatação e normatização do que é um projeto de eficiência energética, passam por etapas de levantamentos de dados e permeiam simulações computacionais.

### **2.1 Normatização de projetos de eficiência energética e simulações**

Por meio da Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010, o presidente do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) aprovou os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ). Seu objetivo é transcrito em sua total literalidade dentro dos anexos da portaria: “Criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.”

Dentro desse contexto, espera-se que o processo que confere a validade de um processo de eficiência energética englobe a etiquetagem. Parte de seu procedimento envolve a avaliação de três itens: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Todos esses itens fazem parte da avaliação do PBE Edifica (Programa Brasileiro de Etiquetagem Edifica) e estão de acordo com o sistema da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), variando entre os níveis A, com maior eficiência, até E, de menor eficiência (Figura 1). A norma também afirma que: “A etiquetagem de eficiência energética de edifícios deve ser realizada através dos métodos prescritivos ou de simulação”.

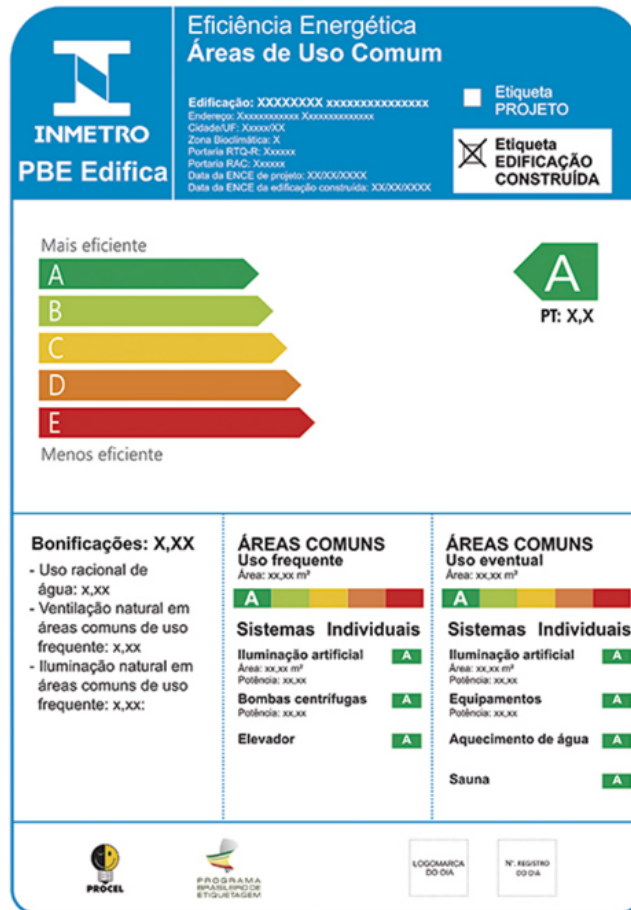


FIGURA 1 MODELO DE ETIQUETA ENCE  
 FONTE INMETRO (2010)

A norma estabelece duas formas de certificação para etiquetagem de eficiência energética de edifícios. Uma é o método prescritivo e o outro, o de simulação. Carlo e Lamberts (2010) definem que:

*“[...] método prescritivo consiste em uma série de parâmetros predefinidos ou a calcular que indicam a eficiência do sistema e o método de simulação determina parâmetros para modelagem e simulação, mas permite mais flexibilidade na concepção do edifício”.*

Algumas combinações desses métodos são expostas no RTQ-C (Tabela 1) e são usados no processo de etiquetagem ENCE. Classifica-se cada um desses sistemas parciais do edifício de acordo com os seguintes pesos: envoltória com 30%, sistema de iluminação com 30% e sistema de condicionamento de ar com 40%.

TABELA 1 COMBINAÇÕES DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE CERTIFICAÇÃO ENCE PBE EDIFICA

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de Ar	Ventilação Natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

FONTE INMETRO (2010)

Uma norma fundamental e que embasa procedimentos usados em um método prescritivo para o processo de eficiência energética é a Lei nº 9.991 (BRASIL, 2000), que obriga as concessionárias de distribuição de energia elétrica a reverterem 0,5% da sua receita operacional líquida em projetos de eficiência energética (PEE) e outros 0,5% em pesquisa e desenvolvimento (P&D). A busca por esses recursos vem fomentando os projetos de PEE da ANEEL, que tem, dentro do seu escopo, editais de fomento oferecendo fontes de recursos destinados à eficiência energética de unidades consumidoras de diversas tipologias. Os recursos são repassados pelas distribuidoras de energia, que gerem e acompanham os avanços dos projetos. Já as proponentes são as responsáveis por propor as ações de eficiência energética (AEE) a serem realizadas. Essas proponentes devem seguir à risca os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) – (ANEEL, 2020b).

O PROPEE discorre sobre uma forma de mensurar o consumo de sistemas de iluminação e condicionamento ambiental. As equações são estas listadas a seguir. Primeiramente, é exposto o cálculo para sistemas de iluminação (Equação 1).

EQUAÇÃO 1 ENERGIA CONSUMIDA PELO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.

$$\sum Ea_i = \frac{(qa_i \times pa_i \times ha_i)}{1e6} \text{ MWH/ano}$$

Onde:

- $qa_i$  é a quantidade de equipamentos envolvidos no estudo;
- $pa_i$  é a potência especificada pelo manual do equipamento dado em Watts (W);

- $ha_i$  é o tempo de funcionamento dos equipamentos ao longo de um ano calculado pelas horas, dias e semanas em que estão ligados.

O sistema de condicionamento ambiental é dado pelo equacionamento a seguir (Equação 2).

EQUAÇÃO 2 ENERGIA CONSUMIDA PELO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO AMBIENTAL

$$\sum Ea_i = \frac{(qa_i \times pa_i \times 0,293 \times ha_i \times FU)}{1e6 \times ca_i} \text{ MWH/ano}$$

Onde:

- $qa_i$  é a quantidade de equipamentos envolvidos no estudo;
- $pa_i$  é a potência de refrigeração especificada pelo manual do equipamento dado em BTU por horas;
- 0,293 é o coeficiente de conversão de potência de BTU/h para Watts;
- $ca_i$  é o coeficiente de eficiência energética (COP) que representa o quanto de energia da rede está sendo utilizada para que seja gerada a potência de refrigeração especificada;
- $ha_i$  é o tempo de funcionamento dos equipamentos ao longo de um ano, calculado pelas horas, dias e semanas em que estão ligados;
- $FU$  é o fator de utilização.

Por outro lado, Venâncio (2012) colabora em sua tese ao afirmar que pelo método da simulação o uso de ferramentas computacionais, como parte de um projeto, tende a facilitar a tomada de decisões. Com uma decisão mais bem elaborada, há margem para uma maior garantia de desempenho de um edifício. Ou seja, tende-se a atingir valores mais elevados de desempenho ao usar-se ferramentas e modelamentos corretamente parametrizados em simulação. Gabriel (2020) alerta que ferramentas como Energy Plus ou o Design Builder são aceitas pelo RTQ do PROCEL como ferramentas computacionais.

Esses padrões e as normas legisladas e fiscalizadoras são fundamentais para o processo de elaboração de um projeto. Eles garantem que o edifício seja seguro, confiável e de qualidade ao estabelecer critérios específicos para o desempenho da edificação, usando

equipamentos e materiais que atendam a níveis satisfatórios de segurança e conforto, garantindo níveis de eficiência ao longo da vida útil do projeto.

## **2.2 Processo do Projeto**

O processo de reflexão sobre práticas de projeto sustentável foi devido a movimentos ambientalistas (KEELER; BURKE, 2010). Essas reflexões se iniciam na demonstração de como a evolução da sustentabilidade foi resultante de uma acumulação de efeitos que convergiram para a necessidade de uma melhor consciência ambiental focada no mundo como um ambiente comunitário e de bem comum. Para isso, começou-se a traçar na evolução os movimentos definidos e originados pelo povo, ou seja, por uma sociedade que vislumbrava a necessidade de novas interações e hábitos de renovação para que a sociedade perdurasse por mais tempo. Abrangendo a ideia de projeto sustentável para algo que necessita de um processo, vê-se na obra de O'Brien (2015) a definição de estratégias de como devem ser estruturadas as demandas técnicas e quais ferramentas, resoluções e métodos de apresentação do que foi imaginado. Para ele o projeto deve iniciar-se com a preparação de informações, organização dos dados levantados (orçamentação, nível de ocupação e as expectativas de uso do prédio) e que depois é abordada a concepção do projeto.

Kwok e Grondzik (2010) criam um passo a passo para as ações relativas ao processo de projeto. Porém eles frisam a importância de qual o problema a ser trabalhado. Essa definição é composta pela conceituação, pela intenção de solução, organização de critérios e validação, compostas pela capacidade de ajustar e pontuar o necessário. A partir dessas avaliações, são estabelecidas as prioridades e lançadas as metas atingíveis e um determinado espaço de tempo. Borgstein *et al* (2016) estruturam algumas das etapas desse passo a passo e as relaciona com o processo de avaliação da performance energética em prédios comerciais. Eles fazem uma avaliação direcionada ao desempenho usando simulações na etapa de projeto (Figura 2).

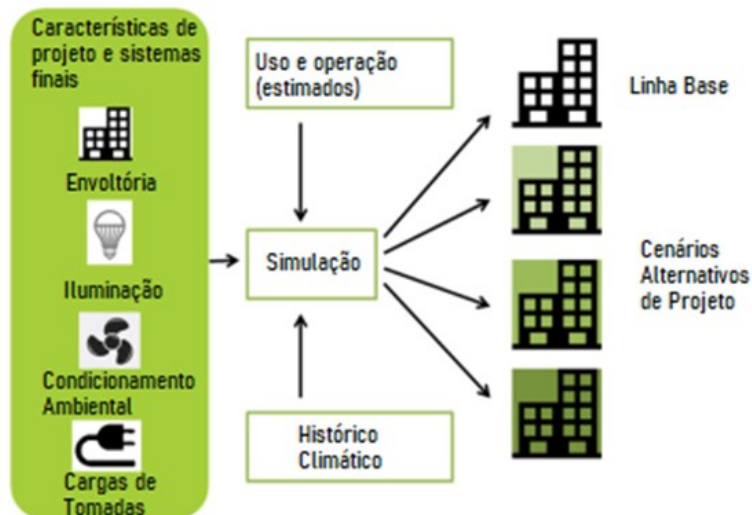


FIGURA 2 DIAGRAMA DE ESPECIFICAÇÃO DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES

FONTE BORGSTEIN ET AL (2016) (ADAPTADA)

As estruturas apresentadas destacam a importância do levantamento de informações precisas e detalhadas como base para a simulação do desempenho energético de edificações.

- A primeira estrutura aborda as características do projeto e dos sistemas finais, desde a envoltória até as cargas das tomadas;
- A segunda estrutura destaca a importância de considerar o uso e operação estimados e o histórico climático para garantir a precisão da simulação;
- A terceira estrutura contempla os resultados da simulação, incluindo a linha de base e cenários alternativos de projeto.

As três estruturas em conjunto permitem modelar e parametrizar o projeto de forma a criar cenários realistas aprimorando o desempenho energético da edificação. O clima, sendo englobado dentro da segunda estrutura de levantamento de dados, acaba por ser de extrema importância.

### **2.3 Clima**

A NASA (2005) define que:

*“Condição climática é a condição em que variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, precipitação de chuva e vento são percebidas em uma determinada região durante um período específico. O clima, em contrapartida, é o comportamento médio dessas condições nessa região, levando em conta vários*

*anos ou décadas. Enquanto a condição climática pode mudar rapidamente e ser imprevisível, o clima é uma tendência estabelecida com base em dados históricos.*

As condições climáticas são, portanto, os elementos constituidores do clima. As definições trazidas por Castelo Branco (2009) para essas variáveis são:

- Temperatura do ar: variável existente que é influenciada pelas taxas de esfriamento e aquecimento da superfície da Terra. Estas taxas estão diretamente ligadas à quantidade de radiação solar que a Terra recebe, a composição da atmosfera terrestre por meio de sua ligação com gases de efeito estufa (dióxido de carbono e metano), a cobertura do solo com sua vegetação e as atividades humanas;
- Umidade relativa: resultante da evaporação da água em superfícies úmidas e da transpiração que ocorre em meios com vegetação;
- Deslocamento de ar: movimento de ar atmosférico que é formado pelas diferenças de pressão atmosférica das diferentes temperaturas do ar;
- Precipitação de chuva: proveniente de uma queda de temperatura do ar suficiente para que o ar com uma certa umidade relativa seja capaz de condensar a água, transformando-a em líquido, em forma de chuva.

A compreensão das variáveis climáticas é fundamental para o processo de projeto e elaboração de sistemas de geração fotovoltaica. Ao considerar as condições climáticas de uma região, é possível identificar o potencial de geração de energia solar e dimensionar o sistema de forma adequada. Além disso, o conhecimento das variáveis climáticas permite prever as variações sazonais na produção de energia, bem como a influência de fatores como a cobertura de nuvens e a incidência de chuvas. Dessa forma, a compreensão das variáveis climáticas é essencial para maximizar a eficiência e a rentabilidade dos sistemas de geração fotovoltaica.

#### **2.4 Sistema de geração fotovoltaica**

O sistema de geração fotovoltaica (FV) consiste em um sistema conversor de energia proveniente da radiação solar em energia elétrica. É um sistema construído por meio de células solares que juntas formam um módulo solar. Esses sistemas podem ser conectados à rede elétrica (*on grid*) ou operar isoladamente, com dispositivos de armazenamento de energia (*off grid*) (MACHADO; MIRANDA, 2015). O esquemático das diferentes formas de

operação desses sistemas é apresentado na Figura 3 a seguir. Os sistemas fotovoltaicos são tidos com fontes de energia incentivadas (ANEEL, 2020b) por se enquadrarem como uma forma de energia limpa e renovável de geração de energia elétrica ao não emitirem poluentes ou gases de efeito estufa durante a geração de eletricidade.

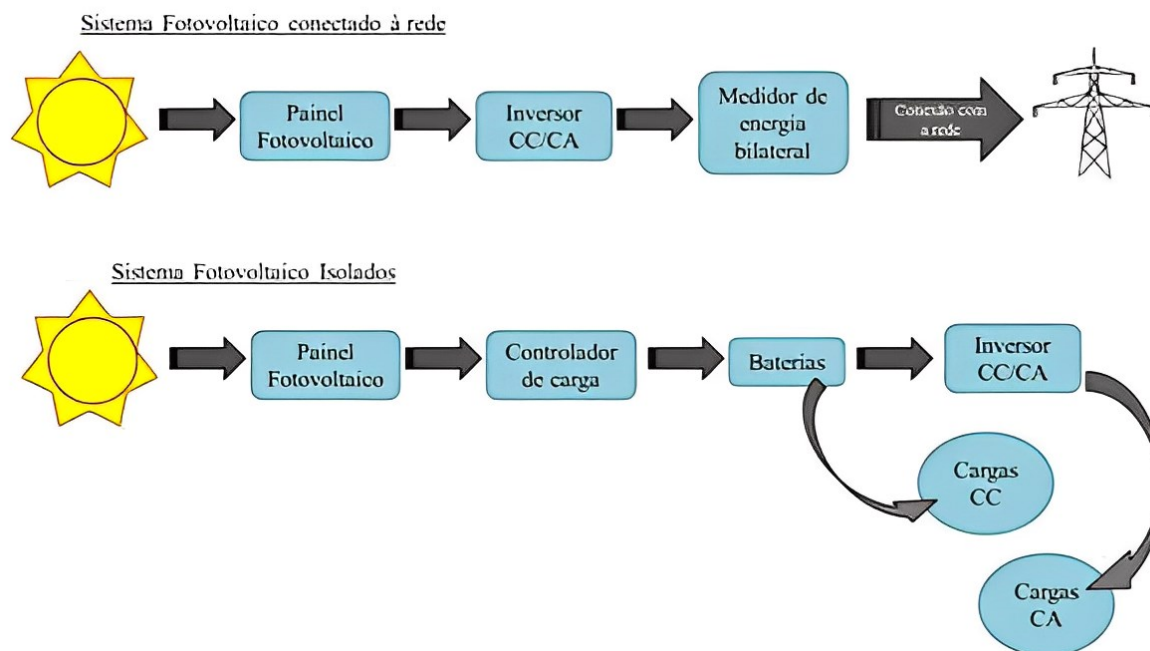


FIGURA 3 ESQUEMA DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON GRID E OFF GRID

FONTE MACHADO & MIRANDA (2015) (ADAPTADA)

## **2.5 Vidros BIPV**

Os materiais para BIPV (*Building Integrated Photovoltaics*) consistem em estruturas que incorporam células fotovoltaicas (FV) em elementos utilizados na construção de edificações. Exemplos destas estruturas são: janelas e telhados. Essas soluções estão sendo vislumbradas como soluções esteticamente atrativas e que tendem a trazer mais eficiência e sustentabilidade para a produção de energia.

Vidros que incorporam a tecnologia fotovoltaica BIPV integrada à arquitetura mostram-se como oportunidades para inovação na geração de energia. Há exemplos do uso dessas tecnologias utilizadas em edificações de São Paulo, capital, e trazem redução de até 15% de energia no consumo anual (SANTOS, 2016).



### 3. Materiais e Métodos

Dentro do exposto neste capítulo, foi feita a descrição das atividades e ações realizadas para alcançar os objetivos da pesquisa. Há a apresentação das ideias, das ferramentas envolvidas, da área de estudo e dos materiais usados ao longo da pesquisa.

Nesse contexto, diversas estratégias podem ser adotadas para aumentar a eficiência energética de um edifício, reduzindo, assim, o seu consumo e os custos associados à energia elétrica. Nesse sentido, a eficiência energética em edificações representa uma área de estudo interdisciplinar, envolvendo conhecimentos de engenharia, arquitetura, física e outras áreas afins.

Pensando nisso, a pesquisa segue algumas etapas de desenvolvimento. A primeira envolve a parametrização do estudo por meio da caracterização e definições construtivas do edifício usado ao longo da pesquisa. A segunda envolve a caracterização dos hábitos de consumo dos ocupantes do espaço. A terceira etapa é relativa aos levantamentos dos dados microclimáticos do edifício. Na quarta etapa, há a construção das análises computacionais realizadas por meio de simulações dentro do Design Builder, em que foram feitas análises relacionadas ao condicionamento ambiental e à iluminação, e o Simulador de geração Solar Edge, onde realizaram-se ensaios de modelamentos relacionados à geração de energia por meio de fontes fotovoltaicas. Na etapa cinco é feita a validação dos dados climáticos usados na simulação com o que foi medido presencialmente e com os dados globais validados por meio do INMET. Na etapa final, são apresentados os resultados encontrados para os hábitos de consumo e custo-benefício envolvidos. A metodologia é resumida na Figura 4 a seguir.

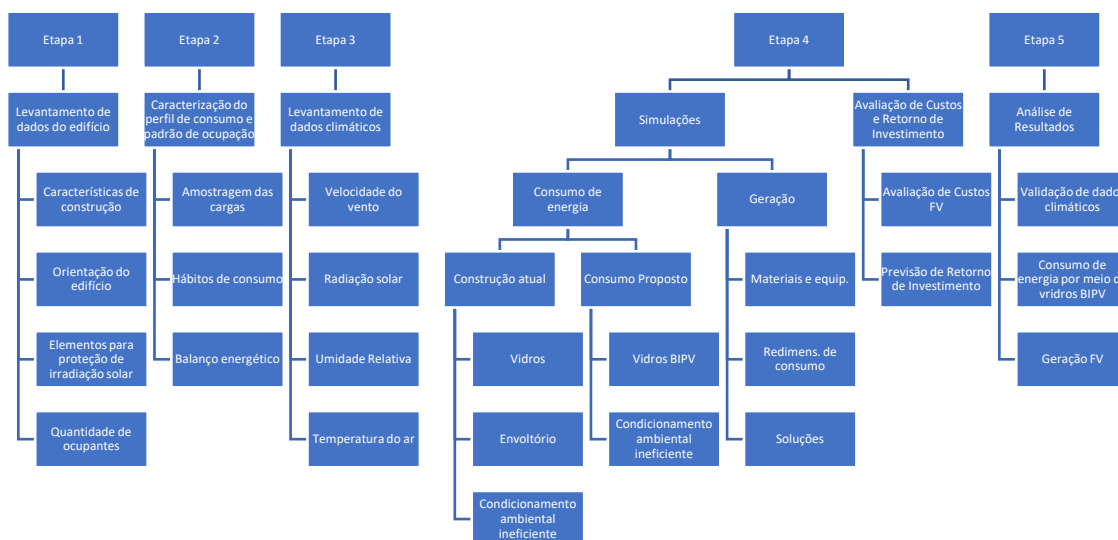


FIGURA 4 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA ELABORADO PARA A PESQUISA  
 FONTE Autoria própria

### 3.1 Levantamento dos dados do edifício

O Edifício Palácio do Desenvolvimento é um prédio localizado em Brasília, Distrito Federal, que abriga a Sede do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Esse edifício é uma estrutura moderna e imponente, projetada pelo arquiteto Oscar Niemeyer, com vinte e três andares. O prédio possui uma série de equipamentos e serviços para atender aos colaboradores e visitantes, como auditórios, salas de reuniões, biblioteca e estacionamento. O Palácio do Desenvolvimento tem como objetivo fornecer um ambiente adequado para a realização das atividades do INCRA, que são voltadas para a implementação de políticas públicas de reforma agrária, regularização fundiária e desenvolvimento sustentável nas áreas rurais do Brasil.

Nesta primeira etapa foram relacionadas as principais informações e características da edificação, instalada no endereço SBN QD 01 Bloco D - Edifício Palácio do Desenvolvimento, Asa Norte, Brasília, Distrito Federal (Figura 5).

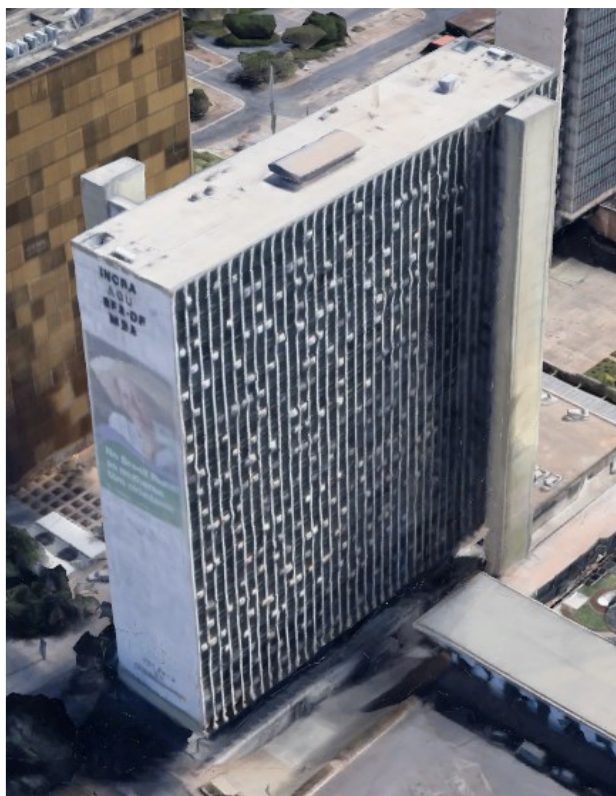


FIGURA 5 EDIFÍCIO PALÁCIO DO DESENVOLVIMENTO (SEDE DO INCRA)  
FONTE GOOGLE EARTH (2023)

Na sequência, exibe-se a Figura 6 que mostra a localização da edificação em questão na cidade de Brasília. Nesta imagem apresenta-se uma visão geral do entorno da construção e de sua posição geográfica em relação à cidade.

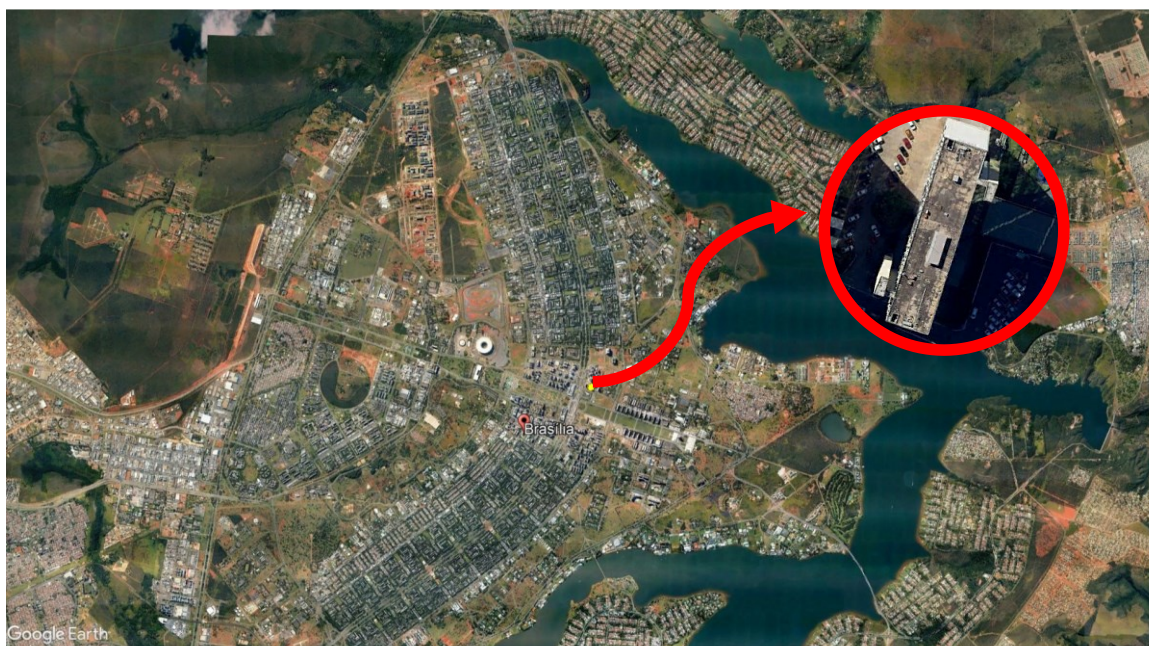


FIGURA 6 MAPA DE BRASÍLIA E LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO PALÁCIO DO DESENVOLVIMENTO (SEDE DO INCRA)  
FONTE GOOGLE EARTH (2023)

Seus vinte e três andares são apresentados na Figura 7. As características construtivas foram utilizadas de acordo com estudos anteriores e expostas nos tópicos a seguir.

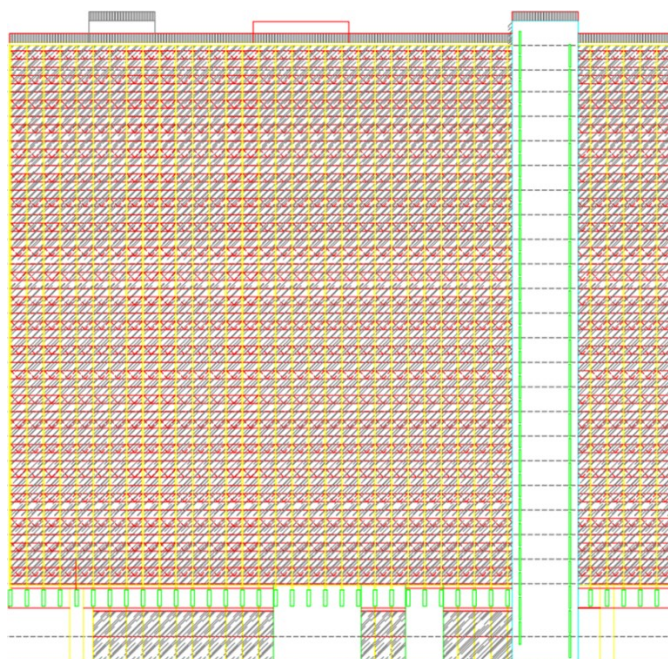


FIGURA 7 FACHADA OESTE ED. PALÁCIO DO DESENVOLVIMENTO  
FONTE Autoria própria

Foi feita a avaliação das características de construção da edificação. Nesta etapa do levantamento, utilizou-se a bibliografia disponibilizada por Santana (2006) para estabelecer as características mais difundidas para edifícios de escritórios no Brasil. A partir deste estudo, verificou-se que construções similares ao Palácio do Desenvolvimento apresentam paredes externas de tijolos cerâmicos com reboco em ambas as faces e uma cobertura composta por laje de concreto. Essas informações foram complementadas com os estudos de Gabriel (2020), que reorganizou e apresentou as características da construção. Dessa forma, as características levantadas servem como base para as simulações futuras, conforme exposto na Figura 8 a seguir. O levantamento dessas informações é importante para a compreensão da composição da edificação e para a realização de estudos de desempenho energético e térmico.

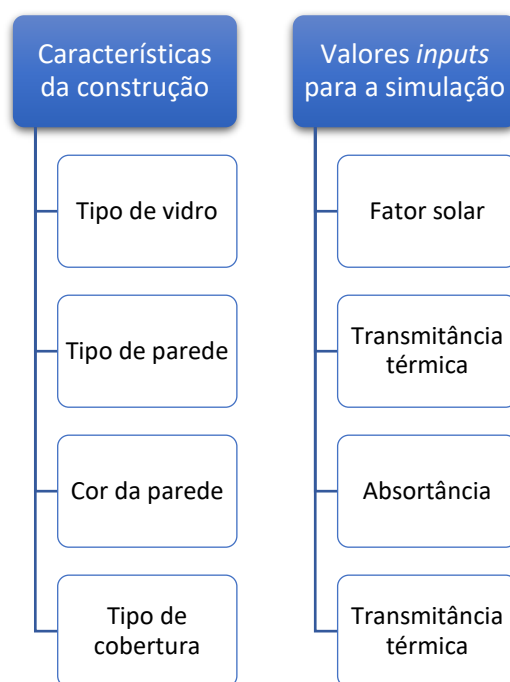


FIGURA 8 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E *INPUTS* DE SIMULAÇÃO  
 FONTE SANTANA (2006) (ADAPTADA)

A partir das referências, foi possível obter valores descritivos para as características da edificação, conforme apresentado na Tabela 2. Cabe ressaltar que a cor do vidro foi verificada por meio de visualização *in loco*, enquanto as paredes foram consideradas como brancas. A precisão e a confiabilidade dessas informações são essenciais para a realização de análises e estudos posteriores relacionados ao desempenho e às intervenções na construção.

TABELA 2 CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS DE EDIFICAÇÕES TÍPICAS DE ESCRITÓRIOS

<b>Transmitância Térmica</b> <b>(W/m<sup>2</sup>K)</b>	paredes	2,47
	coberturas	2,42
<b>Capacidade Térmica</b> <b>[kJ/(m<sup>2</sup>.K)]</b>	paredes	200
	coberturas	187
<b>Absortância</b>	paredes	0,65
	coberturas	0,70
<b>Vidro</b>	cor	Fumê
	espessura	6 mm
	fator solar	0,83

FONTE GABRIEL, 2020; SANTANA, 2006 (ADAPTADA)

A posição do edifício foi verificada por meio da geolocalização fornecida pelo aplicativo Google Earth. A partir da sua posição geográfica (15,79° S; 47,88° O), foram medidas as

orientações de suas fachadas com as aberturas de janelas. Com o apoio da ferramenta *Ruler* da aplicação obteve-se a inclinação da fachada tendo o Norte como referencial. A seguir são apresentadas as imagens da medição da orientação na Figura 9.

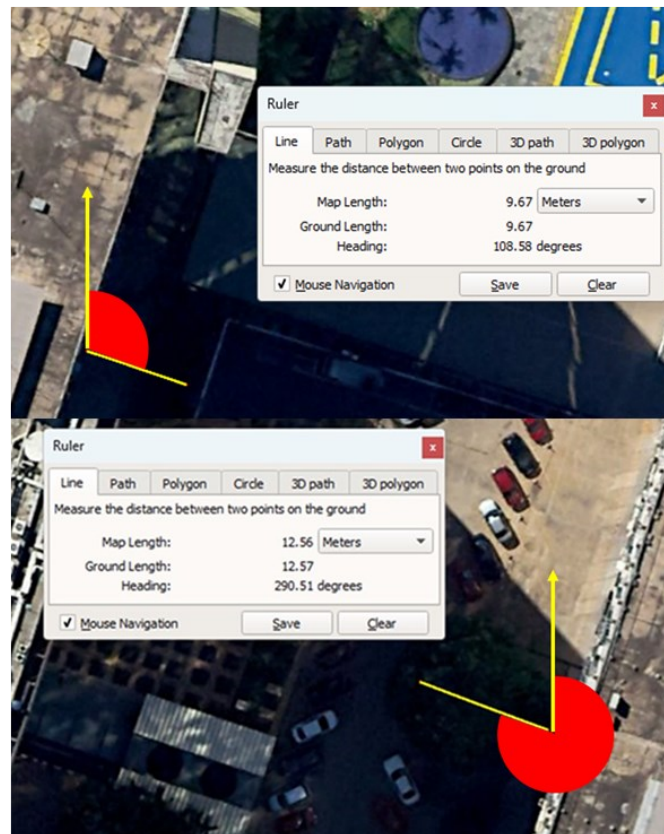


FIGURA 9 ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS  
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA

A Tabela 3 a seguir apresenta resumidamente a orientação das aberturas das fachadas a Oeste e a Leste, tendo o Norte como referencial.

TABELA 3 ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS COM ABERTURAS DO EDIFÍCIO

Fachada Oeste	Fachada Leste
290º	108º

FONTE AUTORIA PRÓPRIA

Na etapa de verificação dos elementos de proteção solar presentes nas aberturas das fachadas do edifício, foram conferidos *in loco* os brises móveis internos. Entretanto não foi possível avaliar a eficiência desses elementos.

Durante a execução dos serviços de troca de vidros das janelas do edifício e aplicação de película fumê, houve a necessidade de retirada dos brises, como ilustrado na Figura 10. Durante esse processo, verificou-se que a especificação incorreta dos vidros em 4 mm resultou em trincas devido ao alto aquecimento do material, conforme relatado por alguns brigadistas. Diante disso, sugeriu-se a readequação e a compra de materiais com espessura de 6 mm para solucionar o problema identificado. A espessura de 6 milímetros foi utilizada nas simulações.

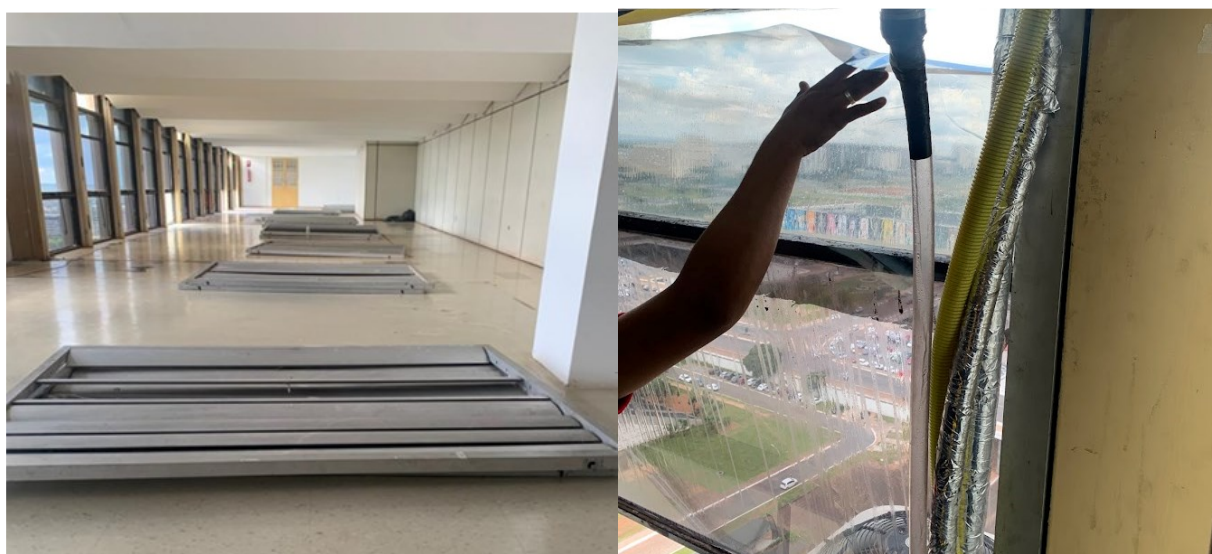


FIGURA 10 RETIRADA DE BRISES PARA TROCA DE JANELAS  
FONTE AUTORIA PRÓPRIA

Para estimar a quantidade de ocupantes do Edifício Palácio do Desenvolvimento, foram realizadas entrevistas com a equipe de engenharia e manutenção do edifício. A partir dessas entrevistas, verificou-se que alguns andares estavam desocupados desde 2021, como os andares 20, 21, 22 e 23, enquanto os andares 4, 5, 6, 7 e 10 não eram de responsabilidade do INCRA e, portanto, não foram considerados na análise. Além disso, os andares 12 e 14 foram esvaziados e atualmente abrigam apenas um efetivo reduzido, como no caso da agência do Banco do Brasil no 14º andar. Antes da pandemia, o edifício era ocupado por cerca de 1.440 pessoas, com 80 pessoas por andar. Atualmente, estima-se que cerca de 900 pessoas ocupem o edifício, com aproximadamente 50 pessoas por andar. A imagem a seguir na Figura 11 apresenta os andares desocupados do edifício.



20º Andar



21º Andar



22º Andar



23º Andar

FIGURA 11 ANDARES DESOCUPADOS  
Fonte Autoria própria

A caracterização do perfil de consumo e padrão de ocupação é fundamental para a avaliação da eficiência energética de edifícios. Após o levantamento de dados do edifício, é possível identificar os principais predadores de consumo de energia e estimar a quantidade de ocupantes presentes em cada ambiente.

### **3.2 Caracterização do perfil de consumo e padrão de ocupação**

Para a caracterização do perfil de consumo energético do edifício em estudo, foi realizada uma entrevista com a equipe de engenharia responsável pela manutenção do prédio. Durante a entrevista, foram identificados alguns dos principais padrões de consumo de energia observados entre os ocupantes. As características de desempenho sugeridas por Santana (2006) foram utilizadas para embasar o cálculo proposto pelo Programa de Eficiência Energética da (ANEEL, 2020b), conforme apresentado anteriormente na Equação 1 e Equação 2. A Figura 12 ilustra essas características de desempenho. No entanto, a análise do consumo



de energia foi limitada aos andares 11 a 23, bem como aos térreos A e B, devido à disponibilidade limitada de faturas de energia.

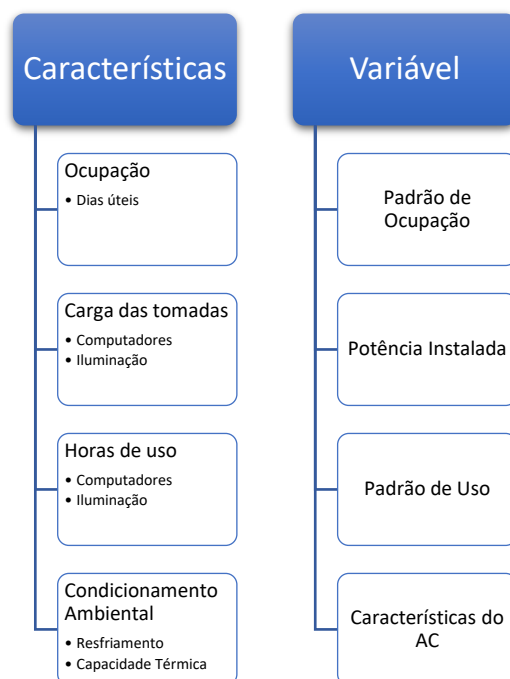


FIGURA 12 LISTA DAS CARACTERÍSTICAS DO PERFIL DE CONSUMO E PADRÃO DE OCUPAÇÃO  
FONTE ANEEL, 2020B; SANTANA, 2006 (ADAPTADO)

As especificações técnicas dos equipamentos de iluminação foram obtidas por meio de entrevista realizada com a equipe de engenharia e manutenção do edifício. Para a média de consumo de microcomputadores foram consultados catálogos elaborados por distribuidoras de energia (CEMIG, 2022). A potência dos condicionadores de ar foi validada por meio de uma verificação amostral das condensadoras de alguns aparelhos instalados na cobertura da edificação, conforme apresentado na Figura 13.

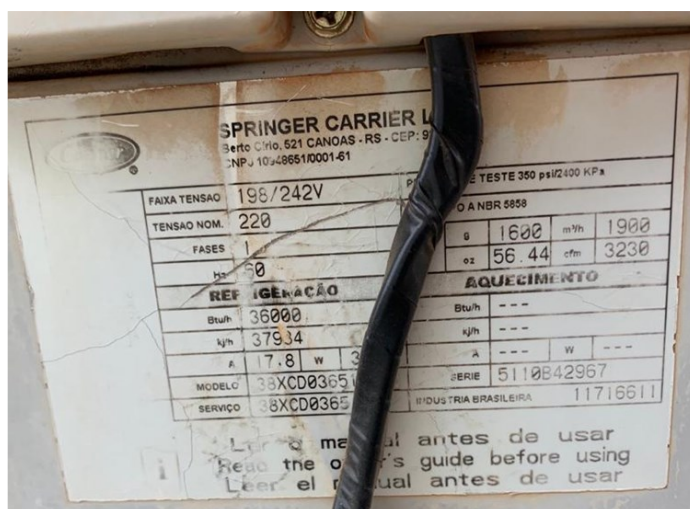


FIGURA 13 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS APARELHOS DE AC DA EDIFICAÇÃO  
 FONTE Autoria própria

A etapa subsequente do estudo consistiu na conferência visual do quantitativo de equipamentos de ar-condicionado sugerido pela entrevista realizada. Para tal, foi efetuada a contagem da quantidade de condensadoras dos aparelhos instalados nas fachadas da edificação. Dessa forma, pôde-se confirmar o quantitativo médio de equipamentos por fachada presente na edificação. A conferência visual do quantitativo de equipamentos é ilustrada na Figura 14, na qual pode-se observar a contagem sendo realizada em uma das fachadas do edifício.

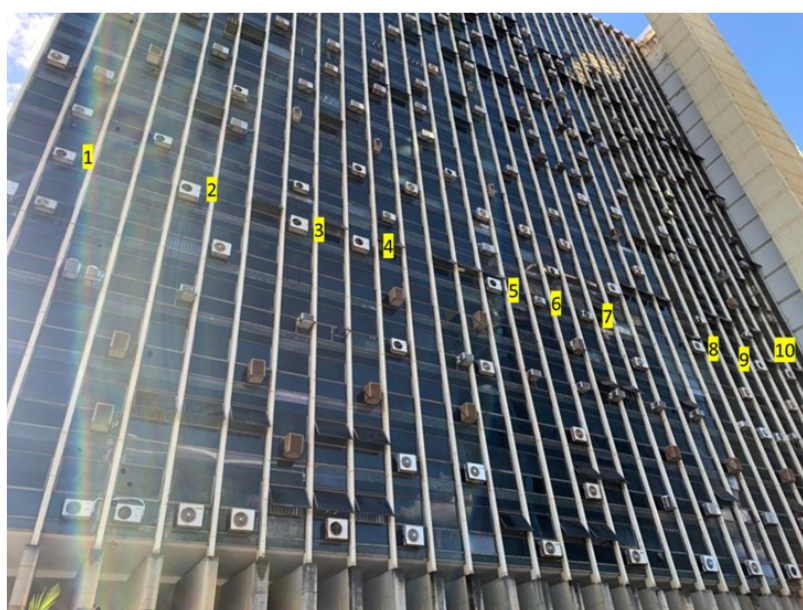


FIGURA 14 QUANTITATIVO DE EQUIPAMENTOS DE AC POR ANDAR E POR FACHADA  
 FONTE Autoria própria

Feita a verificação da quantidade de equipamentos, houve a padronização do hábito de consumo e tempo de uso. O padrão foi de 5 dias úteis por semana, aproximando-se a 52 semanas em um ano. O funcionamento estimado foi das 8h às 18h para a iluminação e de meio-dia as 16h para o condicionamento ambiental. Os valores foram sugeridos por meio de entrevista prévia junto aos usuários do edifício.

Com as informações das especificações técnicas e hábitos de consumo, foram calculadas as percentagens para cada uso final de cada sistema envolvido na análise e construído o balanço energético. Na Tabela 4 a seguir, é feito o resumo da média de equipamentos em cada um de seus andares, usado no estudo, a quais sistemas eles se referem (iluminação, condicionamento ambiental e computadores) e o tempo de funcionamento. Como o 18º andar é o que apresentou maior consumo, foi o escolhido para o modelamento e prescrição das equações.

TABELA 4 QUANTIDADE APROXIMADA DE EQUIPAMENTOS POR ANDAR

Sistema	Tipo	Quantidade	Potência	Tempo de funcionamento	COP
Iluminação	LEDs Tubulares (T8)	220	9W	2080 h/ano	- 3,01
Condicionamento Ambiental	Piso Teto	20	36.000 BTU/h	2080 h/ano	-
Carga nas Tomadas	Computadores	50	250W (CEMIG, 2022)	2080 h/ano	-

FONTE AUTORIA PRÓPRIA

### **3.3 Levantamento de dados climáticos**

Os dados microclimáticos foram mensurados com o auxílio da Estação Meteorológica Vantage Vue Davis Wireless instalada na cobertura do edifício.

Por meio dela, dados de temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade do vento, além de precipitação de chuva são aferidos e validados com as curvas geradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram separados dois meses de referência (outubro/22 e janeiro/23) para comparação e validação dos dados da estação climática instalada na edificação com os dados do INMET. Para comparação traçaram-se as curvas dos referidos períodos e foi feito o detalhamento da estatística descritiva dos dados com o apoio do *software* Excel.

Na avaliação da concordância entre dois sensores, instalados nos pontos de coleta distintos, foi adotado o método estatístico de Bland-Altman. Este método é amplamente utilizado para comparar a concordância entre duas medidas quantitativas e identificar

possíveis viés sistemático ou variação excessiva entre elas. No presente estudo, o teste de Bland-Altman foi aplicado para analisar as diferenças entre as leituras dos dois sensores. A ferramenta escolhida para realizar os cálculos e plotar o gráfico de Bland-Altman foi o MATLAB, uma plataforma amplamente utilizada para análise estatística e visualização de dados. O MATLAB permitiu plotar o gráfico que ilustra a dispersão dos pontos em relação à média e aos limites de concordância. Essa abordagem estatística e o uso do MATLAB proporcionaram uma avaliação robusta e objetiva da concordância entre os sensores no presente estudo. Nos anexos é apresentado o *script* utilizado para o cálculo e plotagem no MATLAB.

Validadas as informações, realizou-se o estudo climático do ano de 2022 utilizando-se as informações fornecidas pelo INMET. Construíram-se as curvas e foi feito o detalhamento da estatística descritiva dos dados coletados.

Com relação às informações relativas à velocidade e direção do deslocamento de ar, utilizou-se o *software* WRPLOT View Freeware 8.0.2 da Lakes Environmental. Com ele foi possível realizar a avaliação percentual de maior frequência de velocidades e direção.

### **3.4 Simulações**

O processo de usar simulações ao longo de projetos de eficiência é importante pois permite aos designers, arquitetos e engenheiros avaliarem e analisarem virtualmente os sistemas da edificação, testarem componentes a serem implantados e há a facilitação do desenho dos processos envolvidos antes do planejamento da construção da edificação.

Há a identificação, a correção de dificuldades e problemas. Além disso, há melhores sugestões para a eficiência, a segurança e o desempenho. Dentro dessas propostas há a possibilidade de exploração e avaliação de diferentes cenários e hipóteses.

Pensando nisso, é necessário seguir algumas etapas dentro da definição de uma simulação. Ela tende a ser parte do projeto de eficiência e, neste caso, segue uma metodologia específica. Como preconizado por Borgstein, Lamberts e Hensen (2016), durante a etapa de projeto, a simulação deve juntar alguns modelos. Primeiramente deve-se seguir a avaliação das características que englobam o edifício. Aqui as características avaliadas foram:

- Envoltória;
- Iluminação;
- Condicionamento ambiental;
- Carga das tomadas (aqui focando nos computadores).

Levantados esses parâmetros que servirão como alicerce do modelamento do projeto, estima-se o tempo de uso e operação do edifício. As informações utilizadas foram as mesmas já levantadas ao longo da entrevista realizada junto ao corpo técnico da engenharia e manutenção.

Então é feita a avaliação história climática do local e confirmada com os dados utilizados pelo simulador. Esses valores foram validados com os dados de microclima capturados na estação climática instalada na cobertura da edificação.

De posse dessas informações foram propostas algumas linhas básicas de projeto com diferentes cenários inspirados por referencial bibliográfico. Para os efeitos da envoltória foram propostos estudos de formatações de projetos para tratamento térmico com impacto no consumo de energia (LOPES, 2020; GABRIEL, 2020; SANTANA, 2006). Usou-se também formas específicas para escritórios (DIDONÉ; WAGNER; PEREIRA, 2014; SRIVISHNU et al., 2023). Pensando em formas inovadoras de geração, viu-se a oportunidade de sugestão de incorporação como solução o uso de novos materiais para aplicação fotovoltaica (SRIVISHNU et al., 2023). Estes cenários são:

- Uso de materiais para geração fotovoltaica como vidro das janelas;
- Implantação de uma central geradora fotovoltaica na cobertura da edificação;
- Combinação de todas as soluções.

No Design Builder, foi feita a simulação do consumo de energia atual do andar com desenvolvimento laboral de maior consumo de energia mapeado por meio das faturas de energia (18º Andar). O consumo foi parametrizado de acordo com o exposto a seguir.

A simulação realizada no Design Builder seguiu as sugestões de parâmetros apresentadas em bibliografia (GABRIEL, 2020; SANTANA, 2006) para as características de edificações que seguem o padrão de escritórios. Os valores dos parâmetros são os mesmos

apresentados anteriormente na Tabela 2. Para as paredes, a transmitância térmica é de 2,47 W/m<sup>2</sup>K, enquanto para as coberturas é de 2,42 W/m<sup>2</sup>K. A capacidade térmica das paredes é de 200 kJ/(m<sup>2</sup>.K) e das coberturas é de 187 kJ/(m<sup>2</sup>.K). A absorvância das paredes é de 0,65 e das coberturas é de 0,70. Sobre os vidros utilizados no edifício, a cor é fumê, a espessura 6 mm e o fator solar 0,83.

Além disso, utilizou-se o Design Builder para a simulação de ações destinadas implantação de BIPV nas janelas do andar. Os parâmetros usados foram os nativos do simulador Design Builder. Para a constante de eficiência de geração fotovoltaica tem-se 0,15, fração da área da superfície com células solares ativas 0,90, potência elétrica de saída nominal 48.000 W.

A quantidade de pessoas ocupadas seguiu o padrão utilizado na entrevista junto à equipe de manutenção e engenharia, quantificando 50 pessoas por andar em um espaço de 1.100 m<sup>2</sup> de área construída. Portanto, o índice de densidade de ocupação utilizado foi de 0,0458 pessoas/m<sup>2</sup>. O coeficiente de eficiência energética dos condicionadores de ar (COP) utilizado foi de 3,01.

Para o sistema gerador de energia instalado na cobertura, foi utilizado o simulador de sistemas fotovoltaicos da Solar Edge. Foram sugeridos equipamentos que atualmente tem uma maior competência tecnológica e de rendimento. Os equipamentos utilizados na simulação são apresentados na Tabela 5 a seguir.

TABELA 5 ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO

Equipamentos			
Módulos		Inversor	
QDE	Potência	QDE	Potência
112	550 kWp	1	75 kW

FONTA AUTORIA PRÓPRIA

A partir disso houve a possibilidade de avaliação de custos, viabilidade econômica e retorno de investimentos. Por meio dela verificou-se o período necessário para que o fluxo de caixa gerado pela instalação do sistema fotovoltaico projetado se iguale ao valor do investimento inicial. Em outras palavras por meio desta avaliação foi verificado o *payback* do capital investido no projeto.

Para o cálculo, foi feita a verificação dos valores comerciais praticados pelo mercado para instalação do sistema fotovoltaico por meio de orçamentação e tomada de preços. Foram feitos quatro orçamentos diferentes de empresas distintas. Com os quatro orçamentos (Tabela 6), foi feita a média dos valores praticados para que fosse ela utilizada como o custo a ser investido no projeto.

TABELA 6 VALORES VERIFICADOS NA TOMADA DE PREÇOS

	Orçamento 1	Orçamento 2	Orçamento 3	Orçamento 4
<b>Equipamento</b>	R\$ 269.276,92	R\$ 204.194,31	R\$ 200.656,45	R\$ 194.600,00
<b>Serviço</b>	R\$ 115.404,39	R\$ 87.511,85	R\$ 85.995,62	R\$ 83.400,00
<b>Total</b>	R\$ 384.681,31	R\$ 291.706,15	R\$ 286.652,07	R\$ 278.000,00
<b>Média</b>	R\$ 310.259,88			

FONTE AUTORIA PRÓPRIA

Além disso, foi feita a verificação do custo do kWh cobrado pela distribuidora Neoenergia. A taxa cobrada foi verificada na última conta de luz disponibilizada no levantamento de campo referente ao mês de dezembro. Além disso, por meio das informações disponibilizadas pela ANEEL (2023), verificou-se a taxa de reajuste média para a Neoenergia em Brasília. Estes valores são apresentados a seguir na Tabela 7 abaixo.

TABELA 7 VALORES DE TARIFA DE ENERGIA E DE REAJUSTE ANUAL

Valor da Tarifa	
Referente à Dezembro/2022	Reajuste Anual
[R\$/kWh]	-
R\$ 0,952049	21,54%

FONTE AUTORIA PRÓPRIA

De posse das informações relativas à cobrança da energia vinda da distribuidora de energia, verificou-se os índices de valores praticados pelo mercado para operação e manutenção do sistema. Foram mensurados os custos percentuais no ano de investimento, os reajustes anuais e a perda de eficiência anual do sistema. Os valores de custo de operação e manutenção e seus reajustes foram verificados na orçamentação, a perda de eficiência no catálogo dos módulos fotovoltaicos (JA SOLAR, 2023). São expostos os índices na Tabela 8 a seguir.

TABELA 8 VALORES DE ÍNDICES RELATIVOS À OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA FV

Operação e Manutenção		
% do Orçamento Final	Reajuste anual	Perda de eficiência
0,50%	4,50%	0,55%

FONTE AUTORIA PRÓPRIA

Na Tabela 9 a seguir, percebe-se o resumo dos custos de instalação e as características do sistema proposto.

TABELA 9 RESUMO DE CUSTOS E CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Sistema Proposto			
Potência do Módulo	QDE de Módulos	Potência Nominal	% de Geração do Consumo Total
[Wp]	[un]	[kWp]	-
550	112	61,6	7,78%
Custo Sistema FV	Demais Custos	Custo por kWp	Custo Total
[R\$]	[R\$]	[R\$/kWp]	[R\$/kWp]
R\$ 310.259,88	R\$	R\$ 5.036,69	R\$ 310.259,88

FORNECIDA POR AUTORIA PRÓPRIA

Com o apoio do *software* Excel, organizou-se as influências de entradas e saídas financeiras relativas ao investimento no sistema, custo de energia cobrada pela distribuidora e a economia anual de energia esperada pelo sistema. Feito isso, e postas todas as influências de índices e taxas, anualizou-se os valores calculados para verificação do tempo de retorno de investimento.



## 4. Análise de Resultados

Nesta seção, os resultados obtidos por meio das metodologias descritas no capítulo anterior foram apresentados e analisados. Foram identificados os padrões e associações entre as variáveis estudadas, buscando responder às questões de pesquisa. A análise dos resultados permitiu uma compreensão mais aprofundada do objeto de estudo, fornecendo subsídios para a conclusão e as recomendações do trabalho.

### 4.1 Características construtivas e de uso

Ao seguir a metodologia estabelecida, foi possível organizar as informações levantadas e utilizá-las como base nas etapas de simulação. Esses parâmetros, que abrangem as características da construção, os elementos de proteção de irradiação solar e a quantidade de ocupantes presentes no espaço, desempenham um papel fundamental na análise do desempenho térmico de um edifício e na avaliação do conforto dos ocupantes. Cada um desses aspectos contribui de maneira significativa para a compreensão do comportamento térmico do ambiente construído e para a identificação de possíveis melhorias no projeto.

As características de construção compreendem elementos como os materiais utilizados na construção, o isolamento térmico aplicado, a área das superfícies externas, a orientação do edifício e a quantidade de área envidraçada. Esses fatores têm impacto direto na transferência de calor entre o ambiente interno e externo, influenciando, conseqüentemente, a temperatura dentro do edifício. Nas simulações, essas características foram consideradas para compreender como elas contribuem para o desempenho térmico global do ambiente construído.

Os elementos de proteção de irradiação solar, como brises (Figura 15), desempenham um papel crucial no controle da entrada de radiação solar no interior do edifício. Esses elementos têm o objetivo de regular a quantidade de radiação solar direta e difusa que alcança as superfícies internas do edifício. Dessa forma, eles desempenham um papel importante na determinação da temperatura e do conforto térmico dos ocupantes. Nas simulações, esses elementos são modelados para avaliar a eficiência com a qual eles reduzem o ganho de calor solar e, assim, contribuem para o conforto térmico.



FIGURA 15 BRISES INTERNOS  
FONTE AUTORIA PRÓPRIA

Outro parâmetro relevante foi a quantidade de ocupantes presentes no ambiente. O número de pessoas em um espaço tem um impacto direto na carga térmica interna. Cada indivíduo gera calor metabólico, que é liberado para o ambiente por meio de processos fisiológicos. Portanto, a quantidade de ocupantes influencia a demanda de resfriamento ou aquecimento necessária para manter uma temperatura confortável no ambiente. Nas simulações, o número de ocupantes é levado em consideração para determinar a carga térmica interna e avaliar seu impacto na temperatura e no conforto térmico do espaço.

Ao considerar esses parâmetros nas simulações, foi possível realizar uma análise abrangente. Isso permitiu identificar possíveis deficiências ou oportunidades de melhoria e otimizar o projeto em termos de eficiência energética. Dessa forma, foi possível tomar

decisões informadas sobre o projeto, como selecionar materiais adequados, dimensionar corretamente fontes de geração e entender os maiores qual tipologia de consumo mais impacta na edificação.

#### **4.2 Consumo de energia do edifício e balanço energético**

Após verificar-se o histórico do consumo de energia do 11º andar até o 23º e dos térreos A e B percebeu-se a redução dos valores de referência a partir do ano de 2020. Nos anos anteriores os consumos de energia atuais dos referidos andares foram de 1.596 MWh e 1569 MWh para 2018 e 2019, respectivamente. Ou seja, houve uma redução considerável nos valores de consumo nos anos seguintes, representando 1.235 MWh para 2020, 1.196 MWh para 2021 e 1.149 MWh para 2022. Esse comportamento é facilmente percebido na Figura 16 a seguir.

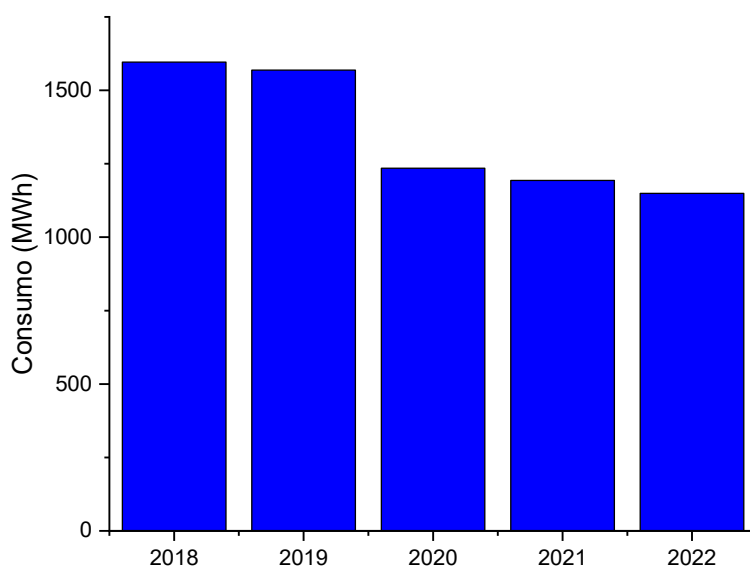


FIGURA 16 CONSUMO DE ENERGIA DO PRÉDIO ENTRE OS ANOS 2018 E 2022  
FONTE Autoria própria

A redução no consumo de energia elétrica do Palácio do Desenvolvimento foi constatada como resultado da diminuição do uso da edificação, em consonância com as medidas de isolamento social implementadas como forma de conter a disseminação da covid-19 (MS, 2020). Tais medidas incluíam o distanciamento social, a restrição de deslocamentos e o cancelamento de reuniões e eventos presenciais. Estudos comparativos que avaliaram o consumo de energia em edifícios comerciais ocupados durante horário comercial, com

padrões e tipologias semelhantes ao Palácio do Desenvolvimento, confirmaram a relação entre o comportamento de uso e a redução do consumo energético (CHALOEYTOY; INKAROJRIT; THANACHAREONKIT, 2022; SU *et al.*, 2022).

Sabe-se que o consumo de energia pode variar a depender do tamanho da edificação, dos andares e da finalidade do uso do espaço. A partir desta análise, ao explorarmos o gráfico anualizado de consumo de energia por andar na Figura 17, verificamos comportamentos distintos para cada finalidade e destino dos andares alocados na estrutura do prédio. Nos extremos veem-se os pontos de maior consumo.

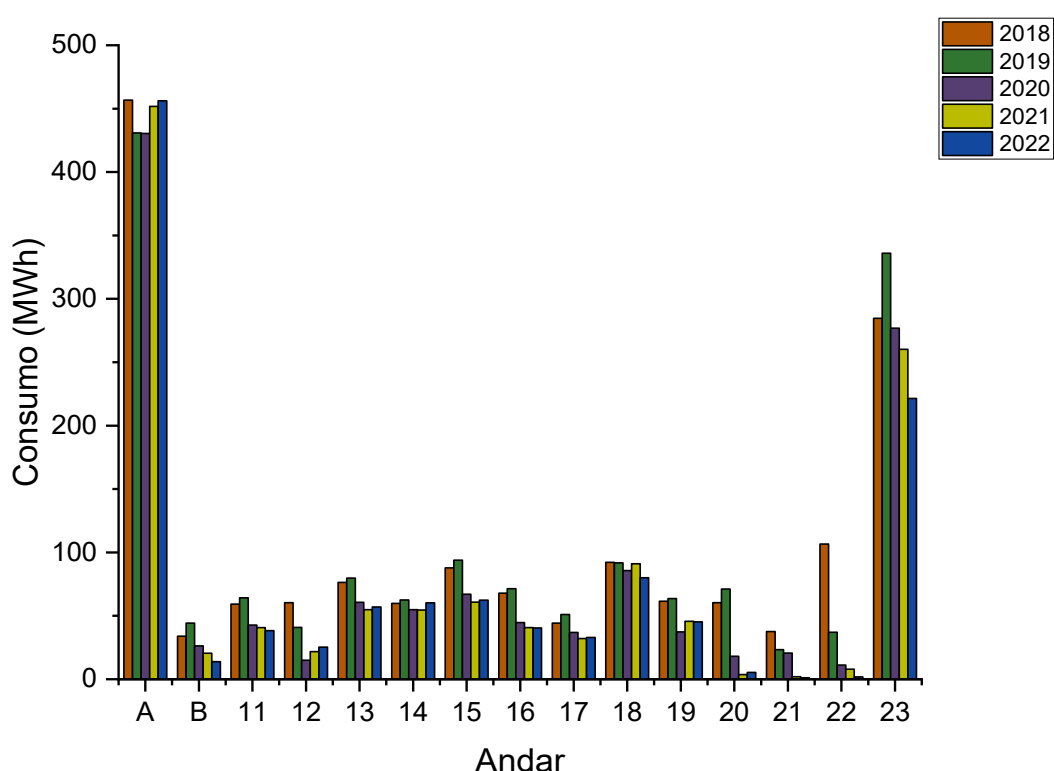


FIGURA 17 CONSUMO ANUALIZADO POR ANDAR  
FONTE Autoria própria

Ao analisar o padrão de consumo para cada um dos andares do edifício ao longo de um ano, observou-se que os valores mais representativos foram encontrados nos andares 23º e Térreo A. Esses andares se destacaram devido à presença de sistemas de bombeamento e motores utilizados nos elevadores no 23º andar, conforme ilustrado na Figura 18. No entanto, em relação ao Térreo A, é importante mencionar que houve um ruído de informações durante a entrevista, uma vez que os responsáveis relataram a necessidade de outras autorizações para o acesso às informações necessárias.



FIGURA 18 MOTORES ELÉTRICOS COM ALTO CONSUMO DE ENERGIA DOS ELEVADORES  
 FONTE Autoria própria

Verificando-se referencial bibliográfico sugere-se que este alto consumo pode ser direcionado aos data centers e o resfriamento necessário para a operação deles. (RONG *et al.*, 2016; SHAO *et al.*, 2022) . Além disso, percebe-se que o 18º andar é o que compreende o maior consumo ao considerar-se os padrões normais de uso para a edificação com tipologia de escritório.

Os dados apresentam informações sobre o consumo de energia elétrica em diferentes andares ao longo dos anos de 2018 a 2022. Na Tabela 10 a seguir, verifica-se a diferença que há entre os consumos dos demais andares com os que foram apontados anteriormente. Há de se observar também, que os andares com maior consumo foram os datados nos anos de 2018 e 2019.

TABELA 10 CONSUMO ANUALIZADO POR ANDAR & ANDARES COM MAIOR CONSUMO

	Térreo A	Térreo B	11º Andar	12º Andar	13º Andar	14º Andar	15º Andar	16º Andar	17º Andar	18º Andar	19º Andar	20º Andar	21º Andar	22º Andar	23º Andar
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
<b>2018</b>	456,68	33,88	59,24	60,36	76,40	59,84	87,88	67,84	44,28	92,24	61,48	60,32	37,58	106,60	284,70
<b>2019</b>	430,88	44,28	64,20	40,87	79,72	62,52	93,92	71,36	51,08	91,76	63,64	71,08	23,32	37,04	336,00
<b>2020</b>	430,36	26,36	42,64	14,96	60,60	54,92	67,04	44,68	36,84	85,72	37,26	18,10	20,62	11,20	276,90
<b>2021</b>	451,84	20,56	40,76	21,76	54,84	54,56	60,76	40,76	32,04	91,00	45,64	3,70	1,94	7,96	260,20
<b>2022</b>	456,16	13,80	38,36	25,28	56,96	60,28	62,40	40,44	32,96	80,00	45,24	5,38	1,20	1,88	221,38
<b>méd.</b>	445,18	27,78	49,04	32,65	65,70	58,42	74,40	53,02	39,44	88,14	50,65	31,72	16,93	32,94	275,84
<b>min.</b>	430,36	13,8	38,36	14,96	54,84	54,56	60,76	40,44	32,04	80	37,26	3,7	1,2	1,88	221,38
<b>máx.</b>	456,68	44,28	64,2	60,36	79,72	62,52	93,92	71,36	51,08	92,24	63,64	71,08	37,58	106,6	336

FONTE AUTORIA PRÓPRIA

Ao analisar o consumo de energia elétrica em cada andar, é possível perceber uma grande variação entre os andares, indicando que o consumo de energia elétrica pode estar

relacionado ao uso do espaço e às atividades realizadas em cada andar. Isso pode ser explicado pela presença de equipamentos como elevadores, sistemas de climatização e iluminação mais intensa, além de outras atividades que ocorrem nesses andares, como escritórios e salas de reunião.

Em resumo, a análise desses resultados pode fornecer informações valiosas sobre como o consumo de energia elétrica está distribuído no edifício e como ele varia ao longo do tempo. Com essas informações, é possível identificar oportunidades para reduzir o consumo de energia elétrica em determinados andares ou identificar equipamentos ou atividades específicas que consomem muita energia e que possam ser otimizados para reduzir o consumo de energia elétrica em todo o edifício.

Ao analisar as informações que apresentam o consumo de energia do 18º andar, é possível perceber que esse andar tem um consumo significativo em relação aos demais andares da edificação. O consumo varia entre 80 MWh e 92,24 MWh, o que pode indicar um alto uso de equipamentos eletrônicos e iluminação, já que o 18º andar é destinado a atividades de escritório. É importante destacar que a média de consumo de energia do 18º andar é de 88,14 MWh, um valor bem acima da média geral da edificação ao serem considerados os andares 11º até 19º, que são os que tem atividades similares, com 56,83 MWh. Esse alto consumo pode indicar a necessidade de revisão de práticas de uso de energia elétrica nesse andar, como a utilização de equipamentos mais eficientes e a conscientização dos colaboradores quanto ao uso racional da energia elétrica. Com essas medidas, é possível reduzir o consumo de energia e, conseqüentemente, os custos com energia elétrica da edificação.

Ao realizar o balanço energético do 18º andar, foi possível identificar que o seu maior consumo de energia está relacionado às cargas destinadas ao resfriamento do ambiente, conforme ilustrado na Figura 19. Essas cargas podem incluir os sistemas de ar-condicionado. É importante destacar que o resfriamento de grandes espaços, como os presentes em escritórios, demanda uma quantidade considerável de energia. Para otimizar o consumo energético, é recomendado avaliar a eficiência dos sistemas de resfriamento utilizados, considerar alternativas de climatização mais eficientes e adotar práticas de gestão de energia, como o uso de sensores de presença e programação de horários de funcionamento dos

equipamentos. Dessa forma, é possível reduzir o consumo de energia destinado ao resfriamento do ambiente no 18º andar e promover uma utilização mais eficiente dos recursos energéticos.

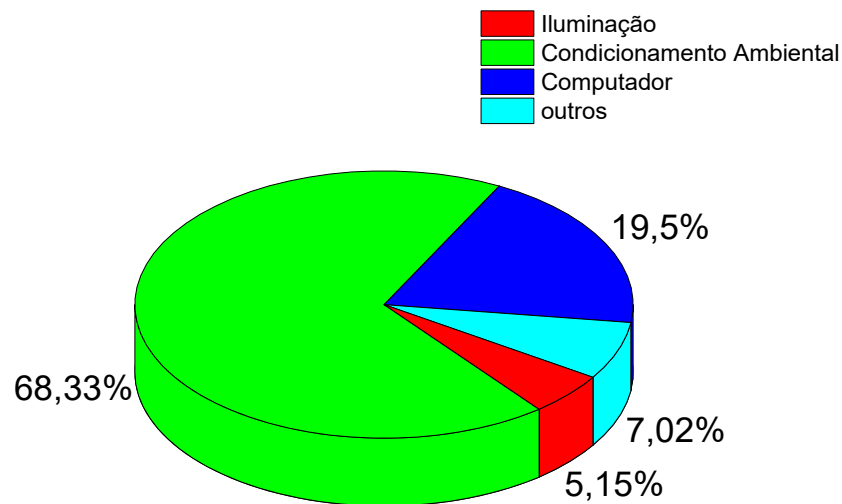


FIGURA 19 BALANÇO ENERGÉTICO DO 18º ANDAR  
FONTE AUTORIA PRÓPRIA

O fato de o condicionamento ambiental ser a carga que mais consome energia em ambientes de escritórios é um comportamento comumente observado (LAM; TSANG; YANG, 2006). Além disso, Santana (2006) relata que as demais cargas envolvidas no consumo de edificações destinadas a escritórios, como iluminação e equipamentos plugados em tomadas, também apresentam percentuais de consumo semelhantes. Essas informações reforçam a importância de adotar estratégias eficientes de gerenciamento energético, como o uso de tecnologias de condicionamento ambiental mais eficientes e o emprego de equipamentos de iluminação com maior eficiência energética. Dessa forma, é possível otimizar o consumo de energia nessas áreas e buscar um equilíbrio entre o conforto dos ocupantes e a sustentabilidade ambiental.

Feita a avaliação de consumo, recuperam-se as informações relativos aos dados climáticos coletados na edificação e os dados da base do INMET (2023).

### **4.3 Validação de dados da estação meteorológica**

Com base nos dados apresentados, pode-se observar relações entre as medições de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento realizadas no INCRA (no topo do edifício) e no INMET (estação meteorológica de referência).

No caso da temperatura do ar, foi observado que a média de temperatura no INCRA (24,21 °C no mês de outubro de 2022 e 21,92 °C no mês de janeiro de 2023) foi ligeiramente mais alta do que no INMET (23,68 °C no mês de outubro de 2022 e 21,03 °C no mês de janeiro de 2023), indicando que o local mais elevado, no topo do edifício, pode estar sujeito a uma exposição maior ao sol e à radiação solar direta, o que contribui para temperaturas mais altas. Essa diferença também é refletida na mediana, com valores mais altos no INCRA (23,90°C no mês de outubro de 2022 e 23,15°C no mês de janeiro de 2023) em comparação com o INMET (21,30 °C no mês de outubro de 2022 e 20,20 °C no mês de janeiro de 2023). Ao serem avaliados os gráficos de Bland-Altman, mostrados na Figura 20, percebe-se diversos pontos concentrados em torno da média das diferenças e a maioria dos pontos dentro das linhas de limite de concordância, indicando uma boa concordância entre os sensores. A concentração dos pontos próximos à média indica uma concordância consistente entre as leituras dos sensores, enquanto a maioria dos pontos dentro dos limites de concordância indica que as diferenças entre as medições estão dentro de uma faixa aceitável. Essa análise positiva da concordância entre os sensores fortalece a confiabilidade e a consistência das medições da temperatura do ar realizadas por eles.



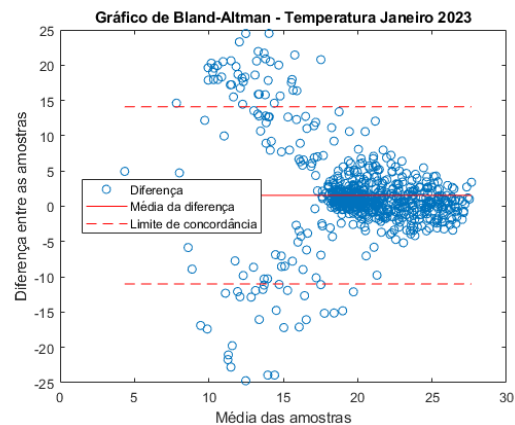
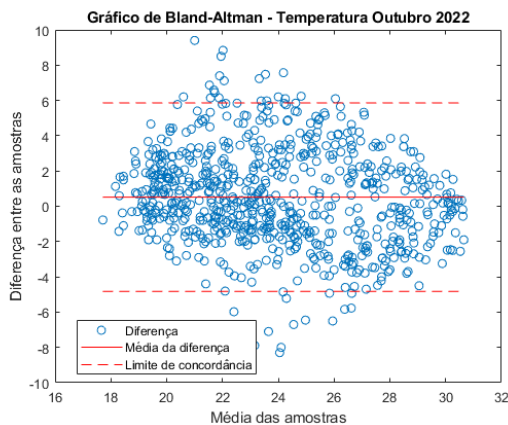


FIGURA 20 TESTE DE BLAND-ALTMAN TEMPERATURA DO AR (OUT/22 E JAN/23)

FUNTE AUTORIA PRÓPRIA

Quanto à umidade relativa, foi verificado que a média de umidade no INCRA (58,87% no mês de outubro de 2022 e 80,55% no mês de janeiro de 2023) é maior do que no INMET (52,65% no mês de outubro de 2022 e 78,55% no mês de janeiro de 2023). A mediana também mostra essa tendência, com valores mais altos no INCRA (58,87% no mês de outubro de 2022 e 80,55% no mês de janeiro de 2023) e (52,65% no mês de outubro de 2022 e 78,55% no mês de janeiro de 2023). Ao analisar os gráficos de Bland-Altman apresentados na Figura 21, observa-se uma concentração significativa dos pontos em torno da média das diferenças e a maioria dos pontos está dentro das linhas de limite de concordância. Esses resultados sugerem uma concordância entre os sensores avaliados.

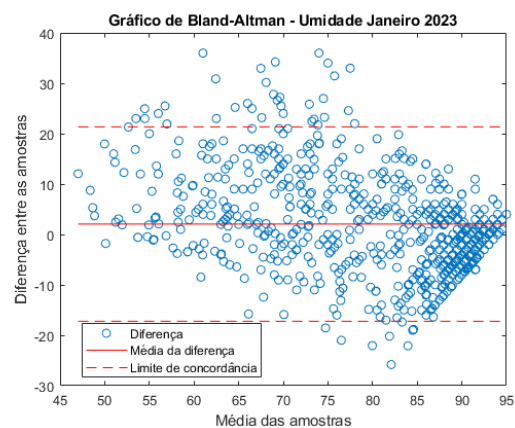
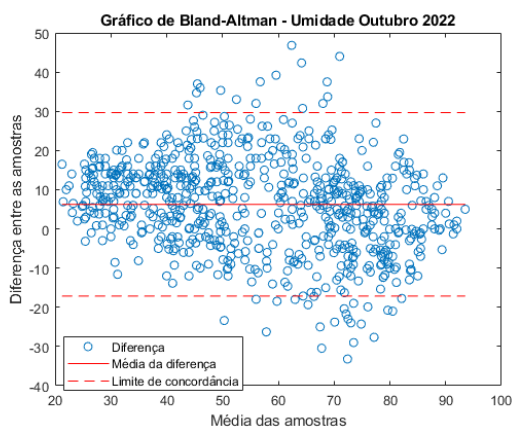


FIGURA 21 TESTE DE BLAND-ALTMAN UMIDADE RELATIVA (OUT/22 E JAN/23)

FUNTE AUTORIA PRÓPRIA

No que diz respeito à velocidade do vento, foram encontradas diferenças entre as medições do INCRA e do INMET. Os dados do INMET revelam velocidades inferiores em comparação com a estação meteorológica do topo do edifício. Essa disparidade pode ser atribuída à diferença na localização espacial das estações de coleta de dados de vento e à variação de altura em que os equipamentos estão instalados as médias para o sensor instalado no INCRA foram 2,68 m/s em outubro de 2022 e 1,82 em janeiro de 2023. Os dados do INMET mostraram 2,43 m/s em outubro de 2022 e 2,05 em janeiro de 2023. Ao avaliar os gráficos de Bland-Altman apresentados na Figura 22 para a análise da velocidade do vento, observa-se uma dispersão dos pontos em torno da média das diferenças e a maioria dos pontos está dentro das linhas de limite de concordância. Isso indica uma boa concordância entre os sensores utilizados para medir a velocidade do vento. A maioria dos pontos dentro dos limites de concordância indica que as diferenças nas medições estão dentro de uma faixa aceitável. Esses resultados reforçam a confiabilidade das medições de velocidade do vento realizadas pelos sensores em questão e fornecem uma base sólida para sua utilização em estudos ou aplicações relacionadas.

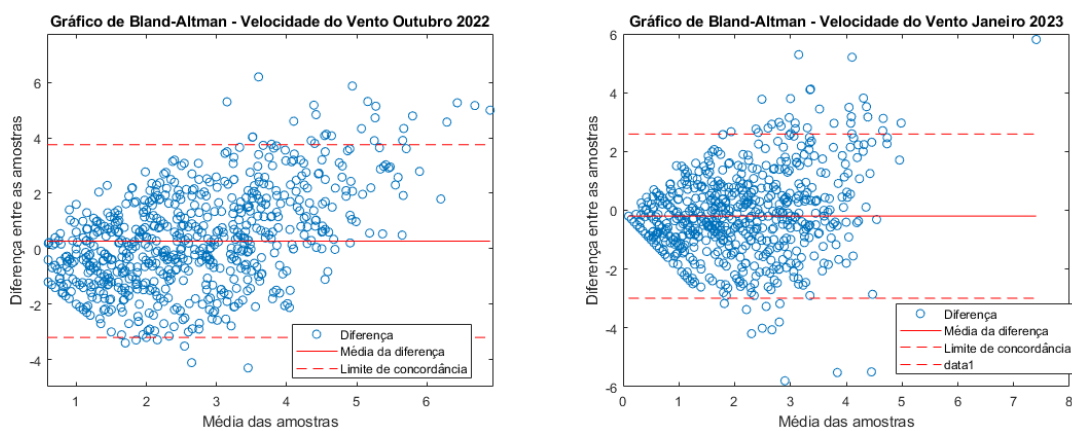


FIGURA 22 TESTE DE BLAND-ALTMAN VELOCIDADE DO VENTO (OUT/22 E JAN/23)

FORNECIDA PELO AUTOR

Em relação à precipitação de chuva, os dados coletados indicam diferenças entre as estações meteorológicas do INCRA e do INMET. Durante o período analisado, verificou-se que a estação do INCRA registrou uma média de precipitação superior em comparação com a estação do INMET. Em outubro de 2022, a média de precipitação no INCRA foi de 0,01 milímetros, enquanto no INMET foi de 0,05 milímetros. No mês de janeiro de 2023, essa tendência persistiu, com o INCRA registrando uma média de 0,02 milímetros e o INMET de

0,26 milímetros. Essas discrepâncias podem ser atribuídas a fatores como a localização geográfica das estações e possíveis variações na distribuição da chuva ao longo dessas áreas. Ao analisar os gráficos de Bland-Altman, exibidos na Figura 23, para a avaliação da precipitação de chuva, é evidente que existem pontos dispersos além das linhas de limite de concordância e distantes da linha de média das diferenças. Esses resultados indicam uma discordância significativa entre os sensores utilizados para medir a precipitação de chuva. A dispersão dos pontos fora das linhas de concordância sugere uma variação excessiva nas medições ou um viés sistemático entre os sensores. Além disso, a presença de pontos distantes da linha de média das diferenças sugere uma inconsistência considerável entre as leituras dos sensores. Esta análise converge para a influência da diferença da localização geográfica na medição dos sensores.

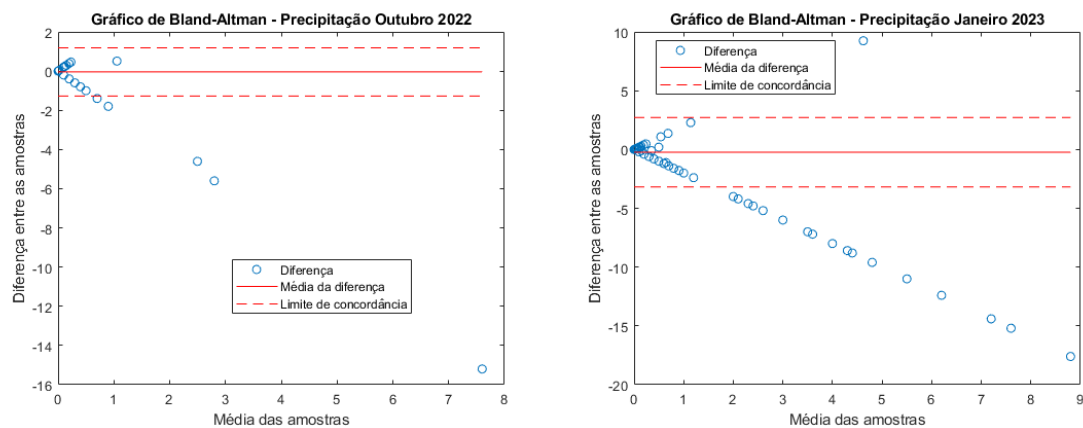


FIGURA 23 TESTE DE BLAND-ALTMAN PRECIPITAÇÃO DE CHUVA (OUT/22 E JAN/23)

FONTE AUTORIA PRÓPRIA

No geral, os resultados indicam que a localização dos pontos de coleta e o contexto em que foram coletados são importantes ao interpretar dados climáticos. A altitude, a exposição ao sol e aos ventos podem desempenhar um papel significativo na variação das temperaturas e da umidade em uma mesma cidade. No entanto, foi observada uma consistência nos padrões climáticos ao longo do ano, o que permite o uso dos dados anuais do INMET para análises no edifício, especialmente em relação à temperatura do ar e à umidade relativa.

#### **4.4 Variáveis climáticas**

Feita a validação dos dados do INMET com os mapeados pelo sensor instalado na edificação, fez-se a avaliação anual das variáveis climáticas. No ano de 2022, a média anual

da temperatura do ar foi de 21,25°C, com uma mediana de 20,8°C e moda de 19°C. Esses valores indicam uma variação ao longo do ano, com metade das observações abaixo de 20,8°C e frequência significativa de registros em torno de 19°C. O desvio padrão de 3,95°C revela uma dispersão considerável dos dados em relação à média, refletindo a variabilidade climática da região. A faixa de temperatura entre 5,3°C e 32,7°C abrange o intervalo mínimo e máximo registrado ao longo do ano.

Em Brasília, no ano de 2022, a umidade relativa média foi de 63,53%, com uma mediana de 65% e moda de 93%. Isso indica uma variabilidade considerável ao longo do ano, com valores que oscilam entre níveis relativamente baixos e altos de umidade. O desvio padrão de 20,92 reflete a dispersão dos dados em relação à média, demonstrando a influência de fatores climáticos sazonais. A faixa de variação da umidade relativa foi de 83 unidades, com valores mínimos registrados em 13% e máximos atingindo 96%. Esses resultados evidenciam a importância de compreender a umidade relativa para avaliar o conforto humano, a saúde e os impactos em diferentes setores, como agricultura e infraestrutura.

A média de precipitação de chuva foi de 0,15 mm, com mediana e moda ambas em 0 mm, indicando a predominância de dias sem chuva. O desvio padrão de 1,39 mm revela a variabilidade dos dados, refletindo a presença de eventos de chuva mais intensos em determinados períodos. A variação entre o valor mínimo e máximo de precipitação foi de 46,2 mm, abrangendo uma ampla gama de ocorrências. Esses resultados confirmam a característica do clima de Brasília, conhecido pelo seu período de verão chuvoso e inverno seco, em que a precipitação é baixa e a frequência de dias sem chuva é predominante. As características do verão chuvoso e inverno seco, mencionadas anteriormente por Castelo Branco (2009), Silva *et al.* (2010) e Werneck (2018), são confirmadas pela análise da precipitação de chuva ao longo do ano de 2022. A Figura 24 proporciona uma visão visual do comportamento dessas duas características climáticas às quais Brasília está sujeita.

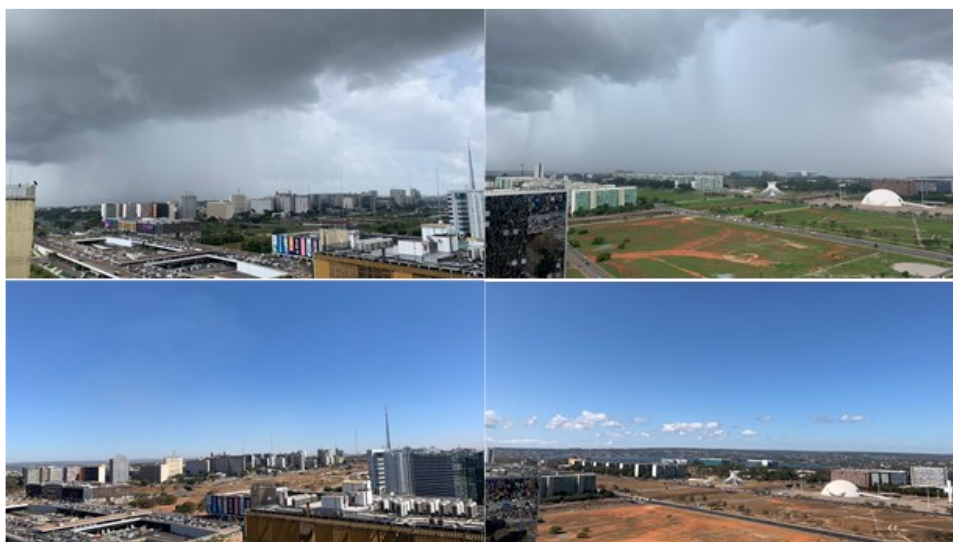


FIGURA 24 COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS AO LONGO DO ANO DE 2022  
FONTE Autoria Própria

Essa precipitação sazonal é também importante para que haja a limpeza periódica de particulados de poeira que possam diminuir o rendimento dos módulos fotovoltaicos sugeridos como integradores de ações de efficientização (SOUZA; SANTOS; SARAIVA, 2021).

A média de velocidade do vento no ano de 2022 foi de 2,25 m/s, com uma mediana de 2,2 m/s e uma moda de 1,8 m/s. O desvio padrão de 1,04 m/s indica uma dispersão moderada dos dados em relação à média, refletindo a presença de variações significativas ao longo do período analisado. A variação da velocidade do vento registrou valores mínimos de 0,1 m/s e máximos de 8,1 m/s, com um intervalo de 8 m/s. Esses resultados revelam um comportamento variável do vento, com uma distribuição relativamente simétrica dos dados. A presença de ventos adequados para a promoção do conforto térmico é confirmada, especialmente considerando o espectro de velocidade entre 1,5 m/s e 3 m/s, que corresponde a uma faixa segura e confortável de deslocamento de ar (ABREU; LABAKI, 2010).

Em Brasília, observou-se uma grande incidência de deslocamentos do vento direcionados para o leste e seus desmembramentos ao longo do ano de 2022. A Figura 25 apresenta a incidência mapeada desses deslocamentos. É interessante destacar que a maior ocorrência de ventos se deu na faixa de velocidade entre 2,10 e 5,70 m/s. Esses dados corroboram a sugestão de uso de elementos como brises para a ventilação natural, com o posicionamento e angulação adequados para aproveitar ao máximo a corrente de vento predominante.

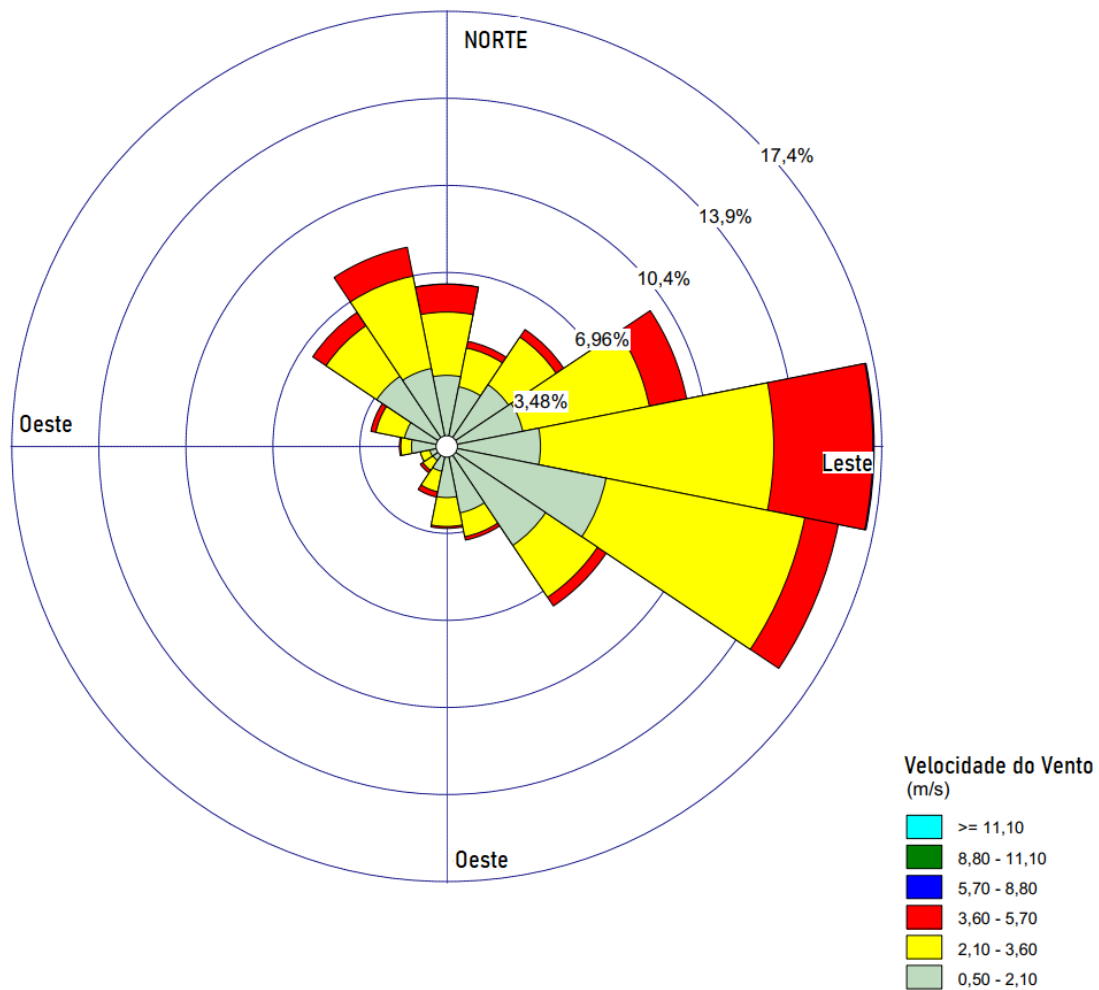


FIGURA 25 DIREÇÃO DE INCIDÊNCIA NOS VENTOS DE JAN/22 A DEZ/22  
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA

#### 4.5 Simulações

A seguir, nesta etapa, apresentam-se os resultados encontrados por meio das simulações realizadas para a demanda de consumo, para a geração fotovoltaica e para a ação de aplicação de vidros com tecnologia de BIPV nas janelas da edificação.

Na primeira etapa da simulação, foi realizado o modelamento da edificação, utilizando um *software* Design Builder para análise energética. No entanto, devido à limitação da licença do *software*, que permitia a simulação de apenas 50 zonas, foi necessário fazer algumas adaptações (Figura 26).

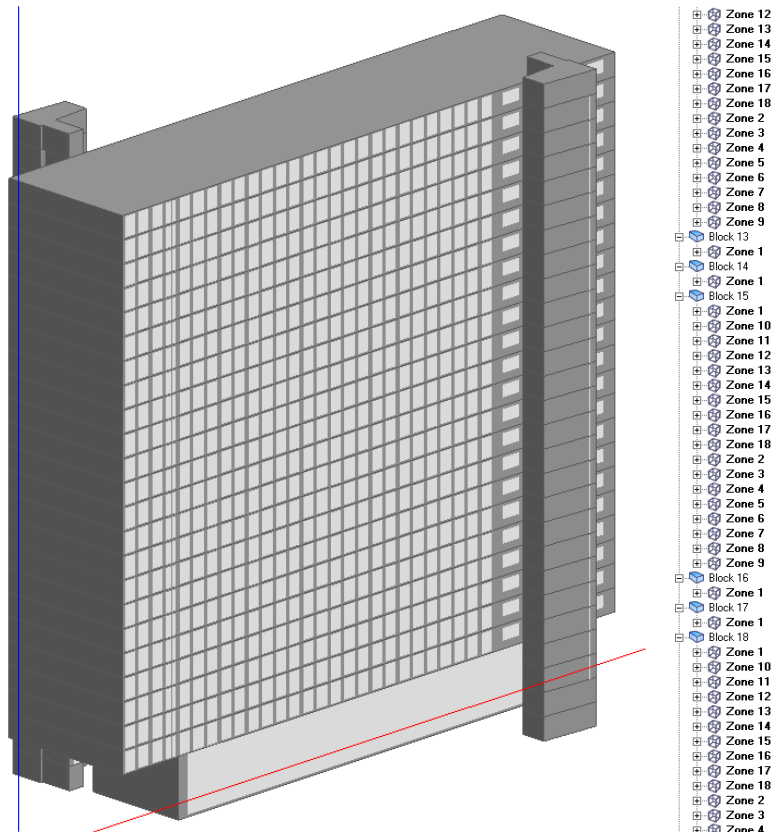


FIGURA 26 MODELAMENTO DA EDIFICAÇÃO  
 FONTE Autoria própria

Uma das dificuldades encontradas foi a falta de dados de alguns andares da edificação durante o levantamento. Para contornar essa situação, optou-se por selecionar o andar usado com o perfil de escritório com maior consumo como representativo para a simulação (Figura 26 e Figura 27).

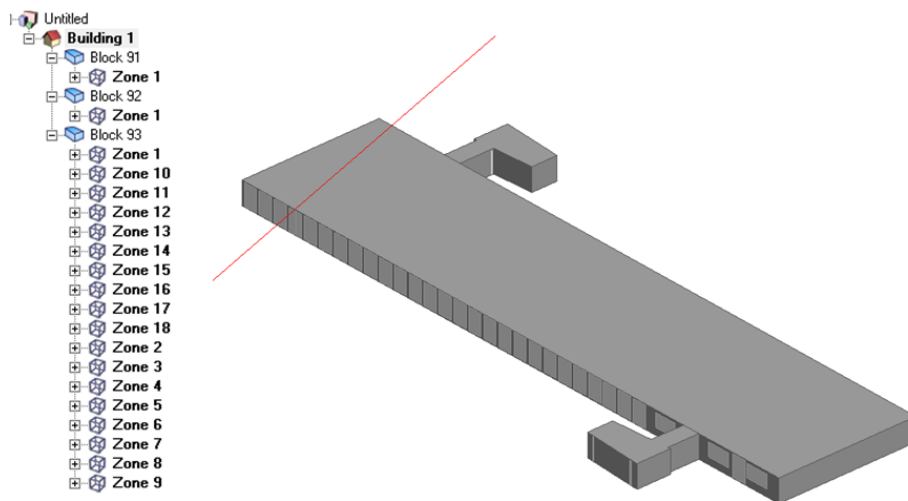


FIGURA 27 EXEMPLO DE QUANTITATIVO DE ZONAS SUGERIDAS PARA A SIMULAÇÃO 1  
FONTE Autoria própria

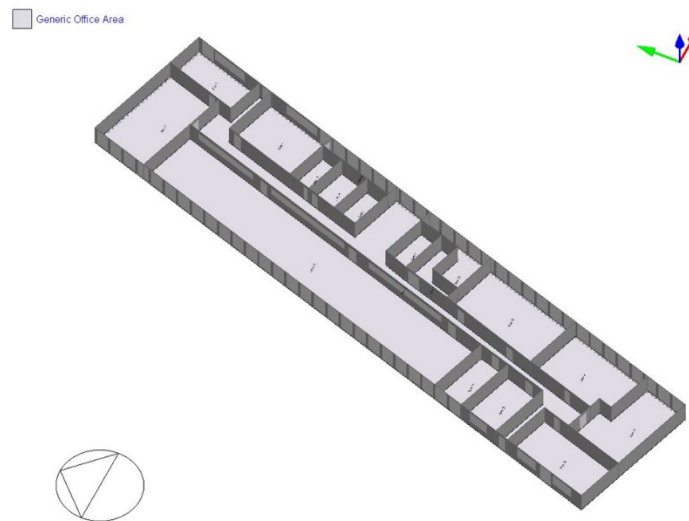


FIGURA 28 EXEMPLO DE QUANTITATIVO DE ZONAS COM LIMITAÇÃO NA SIMULAÇÃO 2  
FONTE Autoria própria

Esta foi considerada uma solução viável para obter resultados relevantes. É importante ressaltar que, apesar dessas limitações, o modelamento da edificação foi realizado com o máximo de precisão possível, levando em conta as informações levantadas, referencial teórico (GABRIEL, 2020; SANTANA, 2006) e buscando representar as características construtivas e os sistemas de consumo presentes na edificação de estudo. O uso adequado das variáveis climáticas, hábitos de consumo e características construtivas de uma edificação foi de extrema importância para garantir os resultados de consumo esperados. Esses três elementos estão intrinsecamente relacionados e têm um impacto significativo no desempenho do consumo de energia e bem-estar dos ocupantes.

A partir do modelamento realizado com base nos parâmetros identificados, foi feita a conferência dos dados climáticos utilizados pelo simulador. Ao considerar as condições climáticas locais, como temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, foi possível conferir validade da base de dados usada no Design Builder. A seguir são expostas as curvas dos dados mencionado (Figura 29).



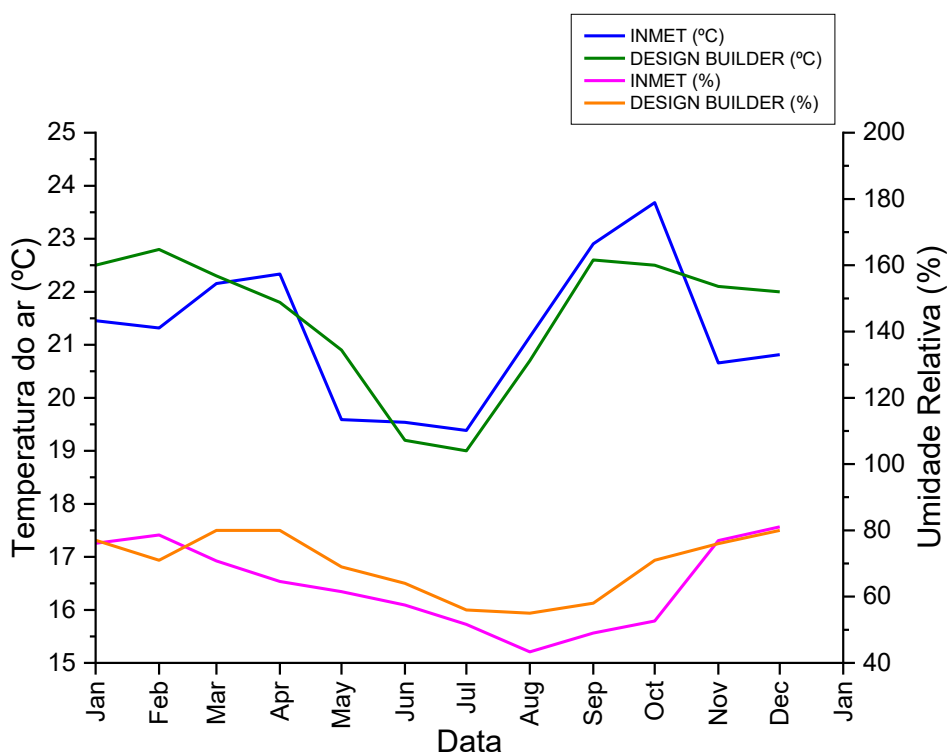


FIGURA 29 COMPARATIVO DE DADOS CLIMÁTICOS INMET X DESIGN BUILDER  
 FONTE Autoria Própria

Os dados de temperatura do ar coletados pelo INMET e simulados através do *software* Design Builder foram apresentados. A média de temperatura do ar registrada pelo INMET foi de 21,25 °C, enquanto no Design Builder foi de 21,53 °C. A mediana no INMET foi de 21,23 °C, enquanto no Design Builder foi de 22,05 °C. O desvio padrão foi de 1,36 °C no INMET e 1,31 °C no Design Builder, indicando uma certa dispersão dos dados em ambos os casos. A variância da amostra foi de 1,85 °C no INMET e 1,71 °C no Design Builder. O intervalo entre o valor mínimo e máximo foi de 4,3 °C no INMET e 3,8 °C no Design Builder. Esses resultados mostram que, em geral, as temperaturas do ar medidas e simuladas apresentam uma boa proximidade, embora possa haver pequenas diferenças entre os dois conjuntos de dados.

Já os resultados apresentados para a umidade relativa mostram que a média da umidade relativa registrada pelo INMET foi de 63,64%, enquanto no Design Builder foi de 69,75%. A mediana apresentou valores de 63,06% no INMET e 71% no Design Builder. O desvio padrão foi de 12,95% no INMET e 9,48% no Design Builder. Isso indica uma maior variabilidade nos dados coletados em relação aos dados simulados. A variância da amostra, que é uma medida da dispersão dos dados em relação à média ao quadrado, foi de 167,76%

no INMET e 89,84% no Design Builder. O intervalo, que representa a diferença entre o valor máximo e mínimo dos dados, foi de 37,73% no INMET e 25% no Design Builder. Isso indica uma maior variação nos valores de umidade relativa coletados em relação aos dados simulados.

Por fim, com relação à velocidade do vento, a média registrada pelo INMET foi de 2,25m/s, enquanto no Design Builder foi de 2,15 m/s. A mediana apresentou valores de 2,19m/s no INMET e 2,05 m/s no Design Builder. O desvio padrão foi de 0,2 m/s no INMET e 0,48 m/s no Design Builder. Isso indica uma maior variabilidade nos dados simulados em relação aos dados coletados. A variância da amostra, que é uma medida da dispersão dos dados em relação à média ao quadrado, foi de 0,04 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> no INMET e 0,23 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> no Design Builder. O intervalo foi de 0,53 m/s no INMET e 1,5 m/s no Design Builder. Isso indica uma maior variação nos valores de velocidade do vento simulados em relação aos dados coletados.

Ao analisar os resultados simulados e coletados, observou-se certa similaridade entre os dados de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento. A média da temperatura do ar no INMET foi de 21,25 °C, enquanto no Design Builder foi de 21,53 °C. Ambos os valores apresentaram uma proximidade, indicando uma tendência de comportamento semelhante. O mesmo pode ser observado para a umidade relativa, em que a média foi de 63,64% no INMET e 69,75% no Design Builder. Embora haja uma discrepância nos valores absolutos, a variação relativa entre os dados é comparável. Quanto à velocidade do vento, as médias também mostraram uma relativa semelhança, com 2,25 m/s no INMET e 2,15 m/s no Design Builder. Essa concordância nos resultados sugere que as simulações realizadas com a base de dados do simulador foram capazes de reproduzir, em certa medida, as características climáticas observadas na coleta de dados.

Após a verificação da validade do simulador em relação ao clima e aos parâmetros específicos, foi possível obter o consumo simulado para o 18º andar de referência. Essa abordagem permitiu estimar o consumo de energia de forma mais precisa para o andar em questão, considerando as características construtivas, os hábitos de consumo e outros fatores relevantes para o desempenho energético da edificação. Dessa forma, o consumo simulado obtido para o 18º andar foi de 86,03 MWh. Os valores simulados convergiram para a média

encontrada com o equacionamento prescrito e calculado pelo PROPEE, verificado em 88,14MWh, visto na Tabela 10.

Com base no consumo de energia simulado para o andar em questão, identificou-se a necessidade de suprir essa demanda energética de maneira sustentável e eficiente. Para isso, foi considerada a instalação de um sistema de geração fotovoltaica na cobertura do edifício, capaz de suprir completamente o consumo de energia do 18º andar. Além disso, a geração fotovoltaica proporciona benefícios econômicos no longo prazo, uma vez que a energia gerada pelo sistema pode ser utilizada de forma autossuficiente, resultando em redução dos custos com eletricidade. Assim, a conexão entre o consumo de energia simulado no andar e o sistema de geração fotovoltaica instalado na cobertura demonstra a busca por uma solução sustentável e economicamente viável para suprir as necessidades energéticas da edificação.

Pensando nisso, foi feita a simulação de geração fotovoltaica. Entretanto, foi necessário restringir alguns desses pontos de sombreamento identificados devido à presença de áreas com elevação que criavam sombras, identificadas pelos pontos em roxo na Figura 30. Essa limitação pode afetar a eficiência do sistema fotovoltaico, já que a presença de sombreamento em um módulo pode afetar a produção de energia de todo o conjunto. Portanto, é importante considerar esses pontos na instalação do sistema fotovoltaico para garantir a sua eficiência e viabilidade econômica.



FIGURA 30 SOMBREAMENTO DE PONTOS DE GERAÇÃO DE FV  
FONTE Autoria própria

Através da simulação da geração fotovoltaica, foi possível avaliar o potencial de produção de energia solar para a edificação em questão. Na simulação, foram considerados diversos parâmetros, como a localização geográfica, a inclinação e a orientação dos módulos solares, além da disponibilidade de radiação solar. A Figura 31 apresenta o potencial de geração simulado mês a mês, levando em conta os equipamentos planejados como solução para a edificação. Essa análise detalhada permite visualizar a variação do potencial de geração ao longo do ano, possibilitando uma melhor compreensão do desempenho do sistema fotovoltaico e auxiliando na tomada de decisões relacionadas à instalação e dimensionamento dos equipamentos.

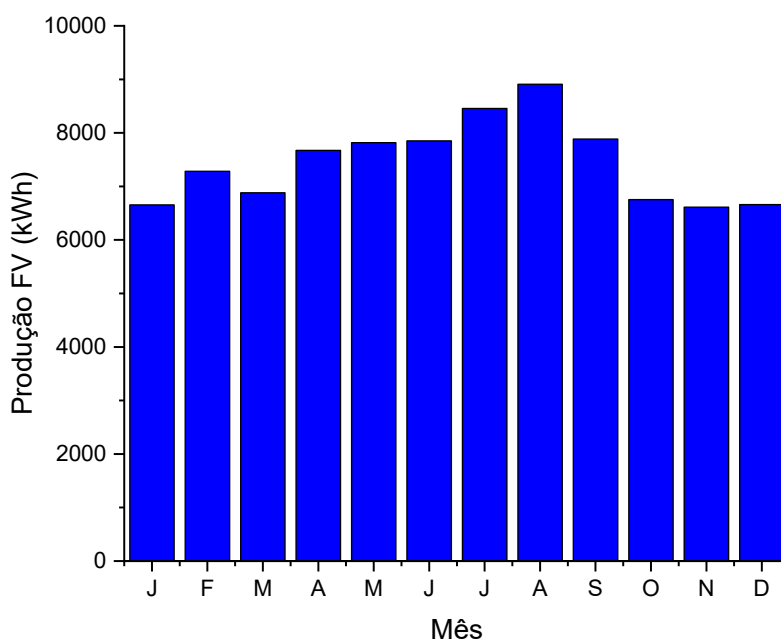


Figura 31 Geração do sistema FV simulado para o edifício

FONTES Autoria própria

É possível observar que os meses de julho, agosto e setembro apresentam os maiores picos de potencial de geração solar. A justificativa para a alta geração de energia nos meses de julho, agosto e setembro pode ser atribuída a condições favoráveis, como céu claro e temperatura do ar adequada. Durante esse período, é comum que haja menor incidência de nuvens e maior quantidade de dias ensolarados, o que permite uma maior captação de radiação solar pelos painéis fotovoltaicos. Além disso, a temperatura do ar geralmente está em um nível que proporciona uma melhor eficiência do sistema de geração, evitando perdas de desempenho devido a altas temperaturas. Essas condições favoráveis contribuem para otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico, resultando em uma maior geração de energia elétrica.

A análise dos dados meteorológicos revela alguns aspectos que podem explicar a maior geração de energia nos meses mencionados anteriormente. No entanto, a Figura 32 revela um comportamento contraditório em relação ao detalhamento da radiação solar fornecido pelo INMET. Contrariamente ao que seria esperado, nos meses de maior geração de energia, não se observa necessariamente o maior nível de radiação solar. Essa aparente discrepância entre os padrões de geração de energia fotovoltaica e a radiação solar mapeada destaca a

importância de considerar outros fatores, como a eficiência do sistema fotovoltaico e a influência de variáveis climáticas adicionais, com as altas temperaturas, que podem criar condições de baixa eficiência, para que haja uma análise mais completa e precisa.

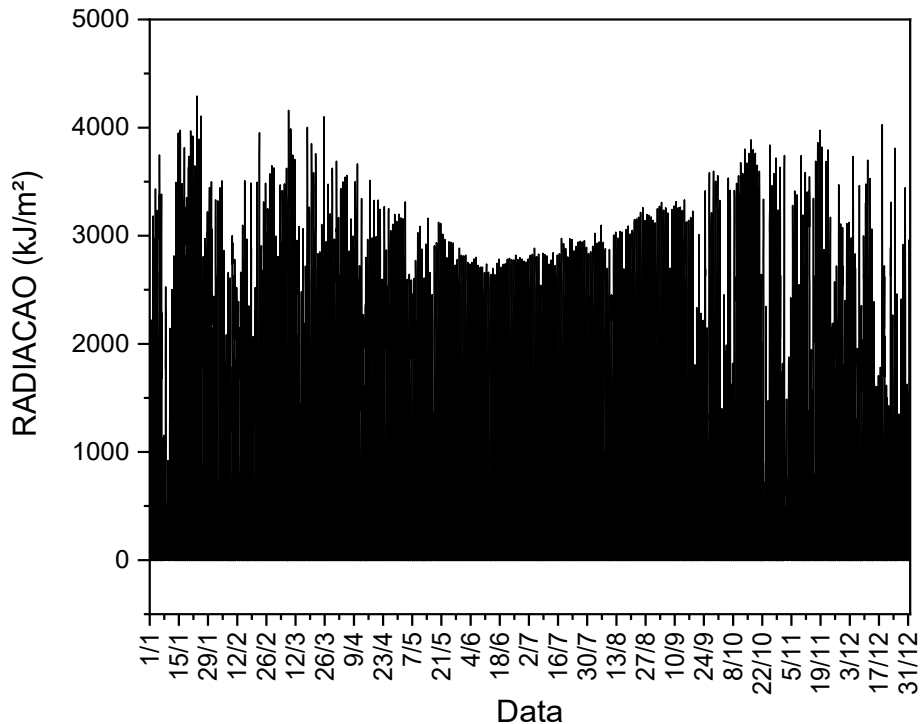


FIGURA 32 RADIAÇÃO DE BRASÍLIA  
FONTE INMET (2023)

Diversos estudos têm destacado a influência da alta radiação solar na temperatura dos módulos fotovoltaicos, o que pode resultar em superaquecimento e perda de eficiência dos equipamentos, impactando negativamente na geração de energia. Essa relação é consistente com as descobertas de pesquisas recentes (ANDO JUNIOR; BECERRA-DÍAZ, 2021; BAMASAG *et al.*, 2023), reforçando a importância de considerar a temperatura do ar como um fator determinante no rendimento do sistema gerador fotovoltaico.

Com base nas condições elencadas de operação do sistema simulado, foi possível obter uma previsão anual de geração de energia. Ela corresponde a 89,44 MWh, superior à demanda energética do 18º andar, estimada em 88,14 MWh em média anual calculada pelo PROPEE e 86,03 MWh simulada no Design Builder. Essa diferença indica que o sistema de geração fotovoltaica seria capaz de suprir integralmente as necessidades energéticas desse andar específico.

A partir das informações obtidas por meio da simulação de geração de energia, foram realizados os cálculos de custos, viabilidade econômica e retorno financeiro do sistema fotovoltaico (*payback*). Ao considerar um fator de reajuste tarifário tão elevado como o registrado em 2022, de 21,54%, observou-se um significativo aumento no custo da energia fornecida pela concessionária, como evidenciado na Tabela 11. Essa projeção reforça ainda mais a importância de medidas voltadas para a instalação do sistema fotovoltaico, uma vez que oferece um estímulo adicional. Através dessas análises, foi possível avaliar de forma mais precisa os prazos de retorno do investimento, considerando o impacto das tarifas de energia. Isso contribuiu para embasar a tomada de decisão em relação à implementação do sistema fotovoltaico e demonstra os benefícios financeiros que podem ser alcançados ao longo do tempo.

TABELA 11 AVALIAÇÃO DE CUSTOS E RETORNO DE INVESTIMENTO

Ano	Energia Gerada	Energia Consumida atual	Tarifa	Fatura sem FV	Fatura com FV	Economia Financeira	Valor Total	O&M
-	[kWh]	[kWh]	[R\$/kWh]	[R\$/ano]	[R\$/ano]	[R\$/ano]	[R\$]	[R\$]
0	0	0	0,0000000	R\$-	R\$-	R\$-	R\$(310.259,88)	R\$-
1	89.438	1.149.000	0,9520494	R\$1.093.904,76	R\$1.008.755,37	R\$85.149,39	R\$-	R\$(1.551,30)
2	88.946	1.149.000	1,1571208	R\$1.329.531,85	R\$1.226.610,47	R\$102.921,38	R\$-	R\$(1.621,11)
3	88.457	1.149.000	1,4063647	R\$1.615.913,01	R\$1.491.510,36	R\$124.402,64	R\$-	R\$(1.694,06)
4	87.970	1.149.000	1,7092956	R\$1.963.980,67	R\$1.813.613,29	R\$150.367,38	R\$-	R\$(1.770,29)
5	87.487	1.149.000	2,0774779	R\$2.387.022,10	R\$2.205.270,75	R\$181.751,35	R\$-	R\$(1.849,95)
6	87.005	1.149.000	2,5249666	R\$2.901.186,66	R\$2.681.501,03	R\$219.685,64	R\$-	R\$(1.933,20)

FORNECIDA AUTORIA PRÓPRIA

Com o apoio da Tabela 12, houve a análise do fluxo de caixa acumulado para o investimento no sistema fotovoltaico. A partir dessa avaliação, foi possível observar que o retorno do investimento do sistema era previsto para o início do terceiro ano de operação, considerando o início da geração de energia na edificação. Essa projeção demonstra a viabilidade econômica do projeto, indicando que os benefícios financeiros começarão a ser obtidos em um período relativamente curto. O acompanhamento do fluxo de caixa acumulado permite uma visão clara do retorno financeiro ao longo do tempo, auxiliando na análise e tomada de decisão em relação ao investimento no sistema fotovoltaico. Essa perspectiva favorável reforça a atratividade do projeto e incentiva a implementação de soluções sustentáveis de geração de energia.

TABELA 12 AVALIAÇÃO DE CUSTOS E RETORNO DE INVESTIMENTO

Ano	Fluxo de Caixa Anual [R\$]	Fluxo de Caixa Acumulado [R\$]
-		
0	R\$ (310.259,88)	R\$ (310.259,88)
1	R\$ 83.598,09	R\$ (226.661,79)
2	R\$ 101.300,27	R\$ (125.361,52)
3	R\$ 122.708,58	R\$ (2.652,94)
4	R\$ 148.597,09	R\$ 145.944,15
5	R\$ 179.901,39	R\$ 325.845,54
6	R\$ 217.752,43	R\$ 543.597,98

FONTA AUTORIA PRÓPRIA

Na Figura 33, foi possível visualizar o ponto de retorno de investimento mencionado anteriormente. Essa representação gráfica apresentou de forma clara o período em que os benefícios financeiros do investimento no sistema fotovoltaico começam a superar os custos iniciais. O ponto de retorno marca o momento em que o valor acumulado dos benefícios alcança o valor acumulado dos custos, indicando a recuperação do investimento realizado. Essa figura fornece uma representação visual impactante e concisa do *payback* do projeto, auxiliando na compreensão da viabilidade financeira da implementação do sistema fotovoltaico.

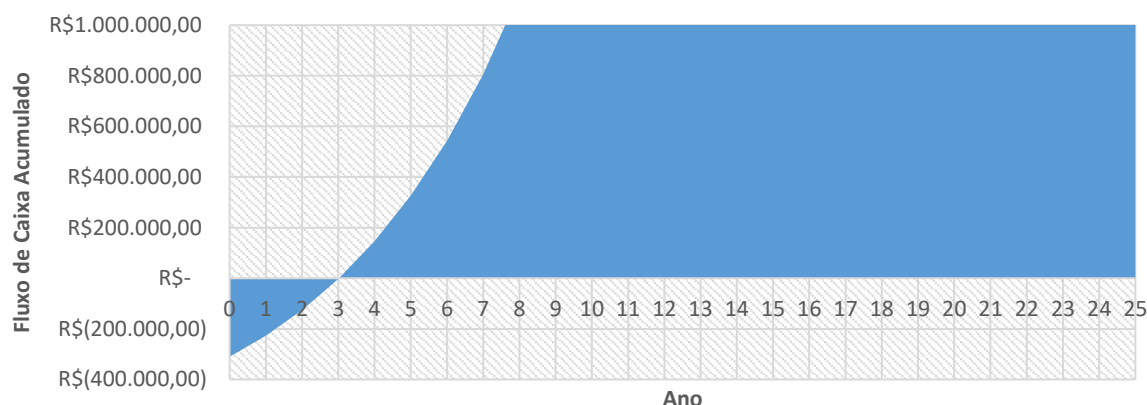


FIGURA 33 GRÁFICO DE RETORNO DE INVESTIMENTO (*PAYBACK*)

FONTA Autoria Própria

O *payback* apresentado na análise do sistema fotovoltaico traz consigo pontos positivos que contribuem para a viabilidade econômica do investimento. Em primeiro lugar, o fato de que o retorno do investimento foi previsto para o início do terceiro ano de operação demonstra que o sistema tem um potencial significativo de retorno financeiro.

Um *payback* relativamente curto é vantajoso, pois permite que o investidor recupere o capital investido em um período razoavelmente curto. Isso significa que, após o *payback*, os



benefícios financeiros começam a ser obtidos, aumentando a rentabilidade do investimento. Além disso, um *payback* rápido também reduz o risco financeiro, pois há menos tempo para possíveis variações no mercado ou mudanças nas políticas de tarifas de energia.

Além da avaliação de custos do sistema fotovoltaico convencional, também buscou-se explorar tecnologias inovadoras de geração de energia. No entanto, devido à natureza altamente avançada e à indisponibilidade de fornecedores conhecidos para essas tecnologias, foi impossível realizar uma análise detalhada de custos. Embora os custos não tenham sido verificados, foi feita a análise da incorporação de novas fontes de geração pelo entendimento da necessidade de readequação a tendências e ao desenvolvimento de tecnologias, pois elas podem desempenhar um papel crucial na transição para um futuro energético mais sustentável.

Considerando a busca por alternativas inovadoras de geração de energia, foram realizadas avaliações específicas para o conceito de BIPV (*Building Integrated Photovoltaics*), que consiste na integração de elementos fotovoltaicos diretamente nas superfícies de construções. Essa abordagem permite que as próprias estruturas dos edifícios atuem como geradoras de energia, explorando o potencial de superfícies como fachadas, janelas e telhados. No entanto, destaca-se o potencial dessas soluções integradas, que combinam funcionalidade arquitetônica com geração de energia sustentável, contribuindo para a eficiência energética dos edifícios e redução da dependência de fontes tradicionais de energia.

No âmbito das simulações realizadas no *software* Design Builder, foram consideradas janelas com potencial de geração fotovoltaica utilizando vidros especiais. Esses vidros apresentam propriedades fotovoltaicas que permitem a conversão da luz solar em eletricidade. Os resultados das simulações revelaram que, ao longo do período avaliado, um total de 16.16 MWh de energia foi gerado por meio das janelas fotovoltaicas. No entanto, é importante destacar que houve um desperdício de 646,57 kWh durante o processo de conversão nos equipamentos. Essa análise permite compreender o potencial de geração de energia a partir das janelas com vidros especiais, bem como a necessidade de aprimorar a eficiência dos equipamentos envolvidos na conversão da energia solar.

A utilização de janelas com vidros especiais para geração fotovoltaica apresenta alguns desafios, como o alto custo e o baixo rendimento em relação a outras tecnologias fotovoltaicas mais convencionais. Essas janelas possuem um custo elevado devido à sua complexidade de fabricação e aos materiais especiais empregados. Além disso, o rendimento desses dispositivos é geralmente inferior ao de sistemas fotovoltaicos tradicionais, devido às limitações técnicas e à menor área disponível para a captação da luz solar (SANTOS, 2016).

## 5. Considerações Finais

A partir das avaliações realizadas, verificou-se a possibilidade de incorporação de ações de efficientização focadas na otimização do uso de energia elétrica. As diversas variáveis incorporadas à análise de consumo, sejam elas humanas, climáticas ou construtivas, são passíveis de ações que desenvolvam padrões de uso com expectativas mais sustentáveis e que ofereçam edificações com desempenho mais adequados à realidade de um mundo com a energia cada vez mais escassa.

Viu-se como os diferentes parâmetros climáticos de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação afetam o comportamento dinâmico de uma edificação, ou seja, o uso dessas variáveis climáticas pode dar mais suporte a projetos de efficientização energética que serão desenvolvidos. Além disso, percebeu-se que materiais tecnologicamente mais adequados a determinadas características regionais podem servir como ampliadores de desempenho em uma edificação.

Outro ponto satisfatório encontrado como resultado foi a convergência de dados microclimáticos de uma edificação com as medições nacionais de uma cidade ao serem utilizadas como parâmetros de projetos de efficientização de construções. Essa possibilidade permite que haja uma maior agilidade ao serem trabalhadas as informações que competem a características climáticas do projeto.

Também foi possível concluir que o planejamento e organização de informações desempenham um papel fundamental na obtenção de resultados satisfatórios em um projeto de efficientização energética. O caso real apresentado evidenciou como a coleta e o correto dimensionamento dos parâmetros de estudo, como características do ambiente, ocupação e uso da edificação, sistemas e equipamentos em funcionamento, foram essenciais para o desenvolvimento de um projeto de sucesso. A elaboração de um projeto detalhado, que considerasse todas as informações coletadas previamente, mostrou-se crucial para a implementação de estratégias eficientes e a seleção das tecnologias mais adequadas. Em suma, a consideração cuidadosa e a análise aprofundada dos parâmetros de estudo são

fundamentais para garantir a efetividade e o sucesso de um projeto de eficiência energética que leve em consideração valores calculados e simulados.

A avaliação da influência das ações de eficiência energética vinculadas às escolhas de materiais no projeto, como vidros de janela e equipamentos de geração, revelou a importância dessas decisões para a redução do consumo de energia elétrica. Ao considerar materiais com propriedades específicas, como vidros de janela inovadores com capacidade de geração de energia e equipamentos de geração fotovoltaica eficientes, foi possível alcançar benefícios significativos em termos de eficiência energética. Por meio da seleção adequada desses materiais, foi possível avaliar as perdas de rendimento e ganhos provenientes de um maior aproveitamento da energia solar, contribuindo para a diminuição do consumo de energia e, conseqüentemente, dos custos associados. Essas escolhas demonstram que as ações de eficiência energética podem ser incorporadas desde o início do projeto, proporcionando benefícios tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

A proposta de ações destinadas à eficiência energética de uma edificação a partir das características climáticas locais avaliadas revelou-se como importante. Ao analisar as condições climáticas específicas da região, foi possível identificar como as estratégias são eficazes para reduzir o consumo de energia elétrica e melhorar o desempenho térmico do edifício. Um exemplo disso são os brises e a película fumê utilizados atualmente, elementos arquitetônicos utilizados para proteger os ambientes internos da incidência direta do sol, minimizando o ganho de calor e reduzindo a necessidade de resfriamento artificial.

Portanto, a partir das considerações realizadas, foi possível vislumbrar novos norteadores para trabalhos futuros que ampliem e aprofundem os estudos relacionados à eficiência energética de edificações.

Dentre esses norteadores, destaca-se a consideração de novas variáveis de entrada para verificar a compatibilidade dos materiais a serem utilizados na envoltória do edifício, permitindo a seleção de soluções mais eficientes e adequadas.

Além disso, sugere-se a realização de ações mais aprofundadas que se fundamentem no deslocamento de ar do local, explorando estratégias de ventilação natural para otimizar o conforto térmico e reduzir a necessidade de sistemas de climatização.

A realização de monitoramento de edificações que passaram por processos de efficientização também é uma abordagem promissora, permitindo avaliar o desempenho real das intervenções realizadas e identificar oportunidades de melhoria contínua.

Para uma simulação mais precisa, é recomendável o uso de metodologias que considerem a envoltória da edificação como um todo, levando em conta fatores como isolamento térmico, orientação solar e sombreamento.

Por fim, a criação de um escopo de ações de reeducação e uso correto de energia elétrica, que incorpore explicações claras dos benefícios e motivos para a inclusão de projetos de eficiência energética, pode contribuir para o engajamento e conscientização dos usuários e promover uma cultura de uso responsável de energia. Esses direcionamentos abrem caminho para novas pesquisas e práticas que busquem aprimorar ainda mais a eficiência energética nas edificações.

## 6. Referências

- ABNT. **nbr 16401 - Instalação de ar condicionado - sistemas centrais e unitários**. Brasil, 2008.
- ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 103–117, dez. 2010.
- ANDO JUNIOR, O. H.; BECERRA-DÍAZ, C. Investigation of the effect temperature on the performance of the photovoltaic solar design for the western Region of Paraná - Brazil. **DYNA**, v. 88, n. 217, p. 185–199, 22 maio 2021.
- ANEEL. Guia prático de chamadas públicas do PEE para proponentes. . 2016.
- ANEEL. **Relatório de Consumo e Receita de Energia**. Disponível em: <[http://relatorios.aneel.gov.br/\\_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSAMPCLasseConsNivel.xlsx&Source=http%3A%2F%2Frelatorios%2Eaneel%2Egov%2Ebr%2FRelatoriosSAS%2FForms%2FAIItem%2Easpx&DefaultItemOpen=1](http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSAMPCLasseConsNivel.xlsx&Source=http%3A%2F%2Frelatorios%2Eaneel%2Egov%2Ebr%2FRelatoriosSAS%2FForms%2FAIItem%2Easpx&DefaultItemOpen=1)>. Acesso em: 23 jan. 2023a.
- ANEEL. Programa de Eficiência Energética - PROPEE. . 11 ago. 2020 b.
- ANEEL. **Tarifas residências e efeitos dos reajustes tarifários**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizDFmMzIzM2QzM2EyNi00YjkyLWlxNDMtYTU4NTIONWlyNTI5IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- ATHIENITIS, A.; O'BRIEN, W. Net ZEB Design processes and tools. Em: **Modeling, Design and Optimization of Net-Zero Energy Buildings**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2015. p. 107–133.
- BAMASAG, A. et al. Recent advances and future prospects in direct solar desalination systems using membrane distillation technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 385, p. 135737, jan. 2023.
- BORGSTEIN, E. H.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. L. M. Evaluating energy performance in non-domestic buildings: A review. **Energy and Buildings**, v. 128, p. 734–755, set. 2016.
- BRASIL. Lei nº 9.991. . 24 jul. 2000.
- CARLO, J.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios-parte 1: método prescritivo. **Edição Especial Conforto Ambiental e Eficiência**, v. 10, n. 2, p. 7–26, 2010.
- CASTELO BRANCO, L. M. B. **Microclimas urbanos no Plano Piloto de Brasília : o caso da Superquadra 108 Sul**. Dissertação—Brasília: Universidade de Brasília, 18 ago. 2009.
- CEMIG. **ND.5.1 – Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária – Rede de distribuição aérea – edificações individuais**. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/normas-tecnicas-conexao/>>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- CHALOEYTOY, K.; INKAROJIT, V.; THANACHAREONKIT, A. Electricity Consumption in Higher Education Buildings in Thailand during the COVID-19 Pandemic. **Buildings**, v. 12, n. 10, p. 1532, 26 set. 2022.

COSTA, G. B.; LYRA, R. F. DA F. Análise dos padrões de vento no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 1, p. 31–38, mar. 2012.

DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 3, p. 27–42, 2014.

EMMANUEL, R. **Urban Climate Challenges in the Tropics**. [s.l.] IMPERIAL COLLEGE PRESS, 2016.

FELIPE OLIVEIRA LOPES, A. **Da simulação ao projeto: avaliação de conforto térmico em ambiente escolar padronizado**. [s.l.: s.n.].

GABRIEL, E. **ANÁLISE DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO LATERAL EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS NA ZONA BIOCLIMÁTICA 2**. Santa Maria: UFSM, 2020.

GHISI, E.; TINKER, J. A.; IBRAHIM, S. H. Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: literatura versus simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 4, 22 abr. 2005.

GONÇALVES, J. C. S. O novo ambiente de trabalho: diversidade ambiental e flexibilidade do espaço. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 26, n. 49, p. e161676, 5 dez. 2019.

INMET. **Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP)**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 5 fev. 2023.

INMETRO. Portaria n.º 372. . 17 set. 2010.

INNMETRO. **ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BF48ABFE1-2335-4951-9FF9-C5E9B27815AC%7D>>. Acesso em: 23 jan. 2023.

JA SOLAR. **Datasheet Deepblue 3.0. Module JA SOLAR JAM72S30-550/MR**, 2023.

KEELER, M.; BURKE, B. A história dos movimentos ambientalistas. Em: **Projeto de edificações sustentáveis**. 1. ed. [s.l.] Bookman, 2010. p. 28–39.

KWOK, A. G.; GRONZIK, W. T. O processo de Projeto. Em: **Manual de Arquitetura Ecológica**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. p. 11–22.

LAM, J. C.; TSANG, C. L.; YANG, L. Impacts of lighting density on heating and cooling loads in different climates in China. **Energy Conversion and Management**, v. 47, n. 13–14, p. 1942–1953, ago. 2006.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Photovoltaic Solar Energy: A Briefly Review. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Ministério da Saúde regulamenta medidas de isolamento e quarentena**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2020/03/ministerio-da-saude-regulamenta-medidas-de-isolamento-e-quarentena>>. Acesso em: 5 fev. 2023.

MOKWA, R. H. **Análise da execução de ações de eficiência energética nas instalações elétricas da sede centro da UTFPR em Curitiba**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

NASA. **What's the Difference Between Weather and Climate? | NASA**. Disponível em: <[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/noaa-n/climate/climate\\_weather.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html)>. Acesso em: 13 fev. 2023.

ONU. **Sustainable Development Goal 11: Cidades e comunidades sustentáveis**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>>. Acesso em: 23 jan. 2023.

PEREIRA, M. V. DA R. **Impacto da altura de aerogeradores sobre a velocidade do vento, energia, efeito de esteira e intensidade de turbulência : estudos de caso em três projetos eólicos localizados no Brasil**. Porto Alegre: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 15 fev. 2016.

PROCEL. **Resultados 2022 ano base 2021**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2022/>>. Acesso em: 23 jan. 2023.

RONG, H. et al. Optimizing energy consumption for data centers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 674–691, maio 2016.

SANTANA, M. V. **Influência de Parâmetros Construtivos no Consumo de Energia de Edifícios de Escritório Localizados em Florianópolis – SC**. Florianópolis: UFSC, 24 abr. 2006.

SANTOS, A. H. C. DOS. **Avaliação técnica e financeira da geração fotovoltaica integrada à fachada de edifícios de escritórios corporativos na cidade de São Paulo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 12 fev. 2016.

SANTOS, E. P. DOS. **Mercado no Brasil para uso de energias renováveis e ações de eficiência energética**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 6 mar. 2020.

SARRA, S. R. **Desempenho de edifícios comerciais representativos da arquitetura modernista em São Paulo: avaliação do Edifício Itália com enfoque em ergonomia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 5 fev. 2019.

SCARAZZATO, P. S. **Questões de luz na formação do arquiteto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 4 nov. 2019.

SCHWALM, P. C. **Ações De Uso Eficiente E Racional De Energia Elétrica Baseadas No PEE Da Aneel Através De Modelagem Energética – Um Estudo De Caso**. Tramandaí: UFRS, 2021.

SHAO, X. et al. A review of energy efficiency evaluation metrics for data centers. **Energy and Buildings**, v. 271, p. 112308, set. 2022.

SILVA, C. F. E et al. Parametrização Bioclimática: disposição dos elementos ambientais no espaço público da escala intra-urbana. O Setor Bancário Norte, Brasília - DF. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 5, 31 dez. 2010.

SOUZA, G. G.; SANTOS, R. R.; SARAIVA, E. F. **Sistema de Hardware/Software para Estimativas de Perdas de Geração em Usinas Solares Fotovoltaicas**. Anais do XLVIII Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH 2021). **Anais...Sociedade Brasileira de Computação - SBC**, 18 jul. 2021.

SRIVISHNU, K. S. et al. Semitransparent Perovskite Solar Cells for Building Integrated Photovoltaics: Recent Advances. **Energies**, v. 16, n. 2, p. 889, 12 jan. 2023.

SU, Y. et al. Impacts of the COVID-19 lockdown on building energy consumption and indoor environment: A case study in Dalian, China. **Energy and Buildings**, v. 263, p. 112055, maio 2022.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 18 out. 2012.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R. **PROPOSTA DE INCORPORAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MELHORIA DE DESEMPENHO TÉRMICO E USO RACIONAL DE ENERGIA EM PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE**



**SOCIAL EM FLORIANÓPOLIS.** XII ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais...2013.

VENÂNCIO, R. **Modos projetuais de simulação: Uso de ferramentas de simulação térmica no processo projetual de arquitetura.** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 8 jun. 2012.

WERNECK, D. R. **ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS: ESTUDO DE CASO EM ÁREAS COMERCIAIS EM BRASÍLIA - DF.** Dissertação—Brasília: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, fev. 2018.

YEW, L. K. The East Asian Way-With Air Conditioning. **New Perspectives Quarterly**, v. 26, n. 4, p. 111–120, set. 2009.

## ANEXOS

A seguir são apresentados o *script* utilizados para o cálculo do teste estatístico de Bland-Altman, além dos dados de consumo de energia (Tabela 13) e de retorno de investimento do sistema fotovoltaico (TABELA 14).

```
%%%%%%%%%SCRIPT PARA TESTE BLAND-ALTMAN%%%%%%%%%
clear
clc

% Dados de entrada
amostra1 = [...];% Insira a amostra 1 aqui
amostra2 = [...];% Insira a amostra 2 aqui

% Ajustar tamanhos
tamanho_desejado = 744; % Tamanho desejado para as amostras
amostra1_ajustada = interp1(1:length(amostra1), amostra1, linspace(1,
length(amostra1), tamanho_desejado));
amostra2_ajustada = interp1(1:length(amostra2), amostra2, linspace(1,
length(amostra2), tamanho_desejado));

% Cálculo da média e diferença
media = (amostra1_ajustada + amostra2_ajustada) / 2;
diferenca = amostra1_ajustada - amostra2_ajustada;

% Cálculo da média da diferença
media_diferenca = nanmean(diferenca);

% Cálculo do limite de concordância
limite_concordancia = 1.96 * nanstd(diferenca);

% Plot dos resultados no gráfico de Bland-Altman
figure;
plot(media, diferenca, 'o');
hold on;
plot([nanmin(media), nanmax(media)], [media_diferenca, media_diferenca], '-
r');
plot([nanmin(media), nanmax(media)], [media_diferenca +
limite_concordancia, media_diferenca + limite_concordancia], '--r');
plot([nanmin(media), nanmax(media)], [media_diferenca -
limite_concordancia, media_diferenca - limite_concordancia], '--r');
xlabel('Média das amostras');
ylabel('Diferença entre as amostras');
title('Gráfico de Bland-Altman - Umidade Relativa Comparacao
Real/Simulacao');
legend('Diferença', 'Média da diferença', 'Limite de concordância',
'Location', 'best');

% Cálculo das estatísticas
media_diferenca;
limite_concordancia;

% Converter decimais para uso de vírgula
amostra1_ajustada_str = strrep(num2str(amostra1_ajustada), '.', ',');
amostra2_ajustada_str = strrep(num2str(amostra2_ajustada), '.', ',');
media_diferenca_str = strrep(num2str(media_diferenca), '.', ',');
limite_concordancia_str = strrep(num2str(limite_concordancia), '.', ',');
```

TABELA 13 CONSUMO DE ENERGIA FATURADO NOS ANDARES ESTUDADOS

Consumo Atual 2018																
UC	459388	459387	4721098	459372	459390	459381	459373	459391	459382	459374	459392	459383	459375	556563	459379	
Andar	23ª andar	22ª andar	21ª andar	20ª andar	19ª andar	18ª andar	17ª andar	16ª andar	15ª andar	14ª andar	13ª andar	12ª andar	11ª andar	Térreo A	Térreo B	
jan-21	22.800 kWh	9.680 kWh	3.040 kWh	4.960 kWh	5.200 kWh	7.880 kWh	3.640 kWh	6.080 kWh	6.800 kWh	5.280 kWh	7.520 kWh	5.000 kWh	5.040 kWh	38.240 kWh	3.400 kWh	
fev-21	29.400 kWh	10.520 kWh	3.720 kWh	5.640 kWh	6.280 kWh	9.440 kWh	4.240 kWh	6.560 kWh	7.960 kWh	6.720 kWh	7.440 kWh	5.920 kWh	5.920 kWh	42.560 kWh	4.200 kWh	
mar-21	20.100 kWh	9.560 kWh	3.360 kWh	5.160 kWh	5.440 kWh	8.440 kWh	4.200 kWh	6.760 kWh	7.640 kWh	4.920 kWh	7.640 kWh	5.520 kWh	5.640 kWh	35.520 kWh	3.200 kWh	
abr-21	23.700 kWh	9.440 kWh	3.360 kWh	5.940 kWh	6.000 kWh	8.760 kWh	4.200 kWh	6.280 kWh	7.960 kWh	5.280 kWh	6.920 kWh	5.040 kWh	5.880 kWh	38.720 kWh	3.160 kWh	
mai-21	23.700 kWh	9.440 kWh	3.300 kWh	4.480 kWh	6.000 kWh	8.760 kWh	4.200 kWh	6.280 kWh	7.960 kWh	5.280 kWh	6.920 kWh	5.040 kWh	5.880 kWh	38.720 kWh	3.160 kWh	
jun-21	23.400 kWh	9.440 kWh	2.200 kWh	4.480 kWh	4.200 kWh	6.520 kWh	2.680 kWh	4.160 kWh	6.560 kWh	3.920 kWh	5.160 kWh	4.000 kWh	4.000 kWh	34.400 kWh	1.040 kWh	
jul-21	23.400 kWh	7.240 kWh	2.200 kWh	3.640 kWh	3.640 kWh	5.320 kWh	2.080 kWh	3.480 kWh	5.520 kWh	3.520 kWh	4.320 kWh	3.120 kWh	3.080 kWh	35.840 kWh	800 kWh	
ago-21	25.200 kWh	7.120 kWh	2.720 kWh	4.440 kWh	4.360 kWh	6.280 kWh	2.960 kWh	4.400 kWh	6.440 kWh	4.240 kWh	4.880 kWh	3.800 kWh	3.920 kWh	39.520 kWh	1.280 kWh	
set-21	25.200 kWh	8.320 kWh	3.240 kWh	4.840 kWh	5.000 kWh	7.320 kWh	3.320 kWh	5.240 kWh	7.320 kWh	4.680 kWh	6.080 kWh	5.240 kWh	4.640 kWh	39.200 kWh	2.000 kWh	
out-21	26.400 kWh	10.680 kWh	4.360 kWh	7.000 kWh	6.360 kWh	9.720 kWh	5.560 kWh	7.840 kWh	9.640 kWh	6.440 kWh	8.480 kWh	7.760 kWh	6.280 kWh	42.880 kWh	5.160 kWh	
nov-21	22.200 kWh	7.760 kWh	3.320 kWh	5.240 kWh	5.120 kWh	7.080 kWh	3.720 kWh	5.600 kWh	7.160 kWh	4.840 kWh	5.680 kWh	5.200 kWh	4.960 kWh	34.400 kWh	3.520 kWh	
dez-21	19.200 kWh	7.400 kWh	2.760 kWh	4.600 kWh	3.880 kWh	6.720 kWh	3.480 kWh	5.160 kWh	7.040 kWh	4.720 kWh	5.360 kWh	5.080 kWh	4.000 kWh	36.640 kWh	2.960 kWh	
Média	23.725,00 kWh	8.883,33 kWh	3.131,67 kWh	5.026,67 kWh	5.123,33 kWh	7.686,67 kWh	3.690,00 kWh	5.653,33 kWh	7.323,33 kWh	4.986,67 kWh	6.366,67 kWh	5.030,00 kWh	4.936,67 kWh	38.056,67 kWh	2.823,33 kWh	
Annual	284,700 kWh	106,600 kWh	37,580 kWh	60,320 kWh	61,480 kWh	92,240 kWh	44,280 kWh	67,840 kWh	87,880 kWh	59,840 kWh	76,400 kWh	60,360 kWh	59,240 kWh	456,680 kWh	33,880 kWh	
Total Anual	285,00 MWh	107,00 MWh	38,00 MWh	61,00 MWh	62,00 MWh	93,00 MWh	45,00 MWh	68,00 MWh	88,00 MWh	60,00 MWh	77,00 MWh	61,00 MWh	60,00 MWh	457,00 MWh	34,00 MWh	

Consumo Atual 2019																
UC	459388	459387	4721098	459372	459390	459381	459373	459391	459382	459374	459392	459383	459375	556563	459379	
Andar	23ª andar	22ª andar	21ª andar	20ª andar	19ª andar	18ª andar	17ª andar	16ª andar	15ª andar	14ª andar	13ª andar	12ª andar	11ª andar	Térreo A	Térreo B	
jan-21	20.100 kWh	9.240 kWh	4.000 kWh	6.040 kWh	5.280 kWh	8.080 kWh	4.800 kWh	6.120 kWh	8.080 kWh	5.320 kWh	7.120 kWh	6.220 kWh	4.760 kWh	39.520 kWh	4.480 kWh	
fev-21	23.400 kWh	10.720 kWh	4.960 kWh	7.920 kWh	6.960 kWh	10.280 kWh	6.360 kWh	7.560 kWh	9.760 kWh	6.760 kWh	8.680 kWh	8.760 kWh	7.400 kWh	36.800 kWh	5.400 kWh	
mar-21	23.100 kWh	3.120 kWh	1.440 kWh	5.680 kWh	5.240 kWh	8.120 kWh	3.840 kWh	5.240 kWh	7.920 kWh	4.960 kWh	6.320 kWh	5.120 kWh	4.960 kWh	33.120 kWh	4.240 kWh	
abr-21	24.600 kWh	2.880 kWh	1.440 kWh	5.440 kWh	5.800 kWh	7.680 kWh	3.760 kWh	5.880 kWh	7.760 kWh	4.880 kWh	7.200 kWh	5.600 kWh	5.560 kWh	34.080 kWh	3.600 kWh	
mai-21	34.800 kWh	2.920 kWh	1.960 kWh	6.000 kWh	6.080 kWh	8.080 kWh	3.720 kWh	6.760 kWh	8.120 kWh	4.800 kWh	7.280 kWh	5.720 kWh	5.520 kWh	39.520 kWh	4.320 kWh	
jun-21	30.300 kWh	1.560 kWh	1.000 kWh	4.720 kWh	4.760 kWh	6.160 kWh	2.840 kWh	4.920 kWh	6.520 kWh	3.760 kWh	4.920 kWh	3.080 kWh	4.200 kWh	33.440 kWh	2.000 kWh	
jul-21	28.500 kWh	1.160 kWh	760 kWh	8.360 kWh	3.560 kWh	4.880 kWh	2.040 kWh	3.520 kWh	4.880 kWh	3.080 kWh	3.440 kWh	1.320 kWh	3.520 kWh	32.320 kWh	960 kWh	
ago-21	33.000 kWh	1.160 kWh	920 kWh	3.720 kWh	3.640 kWh	5.400 kWh	2.560 kWh	4.000 kWh	5.880 kWh	4.040 kWh	4.120 kWh	1.640 kWh	3.920 kWh	36.480 kWh	1.000 kWh	
set-21	32.400 kWh	960 kWh	1.280 kWh	1.760 kWh	4.840 kWh	7.480 kWh	4.240 kWh	6.320 kWh	7.480 kWh	5.280 kWh	6.520 kWh	1.560 kWh	5.360 kWh	34.880 kWh	3.080 kWh	
out-21	31.800 kWh	960 kWh	1.960 kWh	7.560 kWh	5.840 kWh	8.560 kWh	5.840 kWh	7.200 kWh	9.240 kWh	7.240 kWh	8.280 kWh	760 kWh	7.040 kWh	35.520 kWh	5.160 kWh	
nov-21	26.700 kWh	1.400 kWh	2.360 kWh	8.440 kWh	6.640 kWh	9.320 kWh	6.400 kWh	8.200 kWh	10.200 kWh	7.080 kWh	9.720 kWh	690 kWh	6.520 kWh	37.760 kWh	6.080 kWh	
dez-21	27.300 kWh	960 kWh	1.240 kWh	5.440 kWh	5.000 kWh	7.720 kWh	4.680 kWh	5.640 kWh	8.080 kWh	5.320 kWh	6.120 kWh	4.000 kWh	4.800 kWh	37.440 kWh	4.040 kWh	
Média	28,000 kWh	3,086,67 kWh	1,943,33 kWh	5,923,33 kWh	5,303,33 kWh	7,646,67 kWh	4,256,67 kWh	5,946,67 kWh	7,826,67 kWh	5,210,00 kWh	6,643,33 kWh	3,405,83 kWh	5,350,00 kWh	35,906,67 kWh	3,690,00 kWh	
Annual	336,000 kWh	37,040 kWh	23,320 kWh	71,080 kWh	63,640 kWh	91,760 kWh	51,080 kWh	71,360 kWh	93,920 kWh	62,520 kWh	79,720 kWh	40,870 kWh	64,200 kWh	438,680 kWh	44,280 kWh	
Total Anual	336,00 MWh	38,00 MWh	24,00 MWh	72,00 MWh	64,00 MWh	92,00 MWh	52,00 MWh	72,00 MWh	94,00 MWh	63,00 MWh	80,00 MWh	41,00 MWh	65,00 MWh	431,00 MWh	45,00 MWh	

Consumo Atual 2020																
UC	459388	459387	4721098	459372	459390	459381	459373	459391	459382	459374	459392	459383	459375	556563	459379	
Andar	23ª andar	22ª andar	21ª andar	20ª andar	19ª andar	18ª andar	17ª andar	16ª andar	15ª andar	14ª andar	13ª andar	12ª andar	11ª andar	Térreo A	Térreo B	
jan-21	30.000 kWh	1.240 kWh	2.400 kWh	6.120 kWh	5.480 kWh	8.560 kWh	5.040 kWh	6.280 kWh	8.080 kWh	5.840 kWh	7.240 kWh	6.800 kWh	5.200 kWh	39.040 kWh	4.360 kWh	
fev-21	30.000 kWh	1.040 kWh	2.280 kWh	1.040 kWh	5.800 kWh	8.800 kWh	5.120 kWh	6.640 kWh	7.960 kWh	6.160 kWh	7.480 kWh	7.600 kWh	5.960 kWh	34.560 kWh	3.600 kWh	
mar-21	31.500 kWh	1.120 kWh	2.220 kWh	1.680 kWh	5.200 kWh	8.160 kWh	4.840 kWh	6.160 kWh	7.800 kWh	6.160 kWh	6.920 kWh	2.440 kWh	5.240 kWh	36.960 kWh	3.200 kWh	
abr-21	24.600 kWh	1.120 kWh	2.240 kWh	5.800 kWh	3.460 kWh	8.120 kWh	3.080 kWh	4.240 kWh	5.480 kWh	5.560 kWh	6.280 kWh	1.680 kWh	5.200 kWh	38.080 kWh	2.360 kWh	
mai-21	18.900 kWh	760 kWh	1.040 kWh	100 kWh	1.480 kWh	5.200 kWh	1.480 kWh	1.760 kWh	3.400 kWh	3.880 kWh	3.040 kWh	800 kWh	5.200 kWh	32.480 kWh	840 kWh	
jun-21	19.200 kWh	840 kWh	960 kWh	100 kWh	1.480 kWh	4.640 kWh	1.520 kWh	1.760 kWh	3.360 kWh	3.320 kWh	3.200 kWh	720 kWh	100 kWh	32.640 kWh	760 kWh	
jul-21	18.900 kWh	920 kWh	840 kWh	100 kWh	1.760 kWh	4.320 kWh	1.720 kWh	1.560 kWh	3.200 kWh	2.600 kWh	2.640 kWh	840 kWh	100 kWh	35.040 kWh	720 kWh	
ago-21	21.600 kWh	840 kWh	800 kWh	100 kWh	1.760 kWh	5.240 kWh	1.680 kWh	1.520 kWh	3.640 kWh	2.680 kWh	2.840 kWh	880 kWh	760 kWh	35.360 kWh	760 kWh	
set-21	22.500 kWh	880 kWh	1.440 kWh	100 kWh	1.920 kWh	7.080 kWh	2.400 kWh	2.200 kWh	4.520 kWh	3.640 kWh	4.240 kWh	1.520 kWh	2.760 kWh	37.280 kWh	3.400 kWh	
out-21	21.000 kWh	960 kWh	2.440 kWh	100 kWh	2.800 kWh	10.520 kWh	3.920 kWh	5.320 kWh	8.000 kWh	5.560 kWh	6.480 kWh	920 kWh	4.320 kWh	39.960 kWh	4.440 kWh	
nov-21	18.600 kWh	760 kWh	2.000 kWh	100 kWh	2.480 kWh	7.160 kWh	2.560 kWh	3.560 kWh	5.560 kWh	4.880 kWh	4.880 kWh	2.040 kWh	3.800 kWh	35.520 kWh	2.680 kWh	
dez-21	20.100 kWh	720 kWh	1.960 kWh	2.760 kWh	3.640 kWh	7.920 kWh	3.480 kWh	3.680 kWh	6.040 kWh	4.640 kWh	5.680 kWh	1.680 kWh	4.000 kWh	33.440 kWh	2.760 kWh	
Média	23,075,00 kWh	933,33 kWh	1,718,33 kWh	1,508,33 kWh	3,105,00 kWh	7,143,33 kWh	3,070,00 kWh	3,723,33 kWh	5,586,67 kWh	4,576,67 kWh	5,050,00 kWh	2,246,67 kWh	3,553,33 kWh	35,853,33 kWh	2,196,67 kWh	
Annual	276,900 kWh	11,200 kWh	20,620 kWh	18,100 kWh	37,260 kWh	85,720 kWh	36,940 kWh	44,680 kWh	67,040 kWh	54,920 kWh	60,600 kWh	14,960 kWh	42,640 kWh	430,360 kWh	26,360 kWh	
Total Anual	277,00 MWh	12,00 MWh	21,00 MWh	19,00 MWh	38,00 MWh	86,00 MWh	37,00 MWh	45,00 MWh	68,00 MWh	55,00 MWh	61,00 MWh	15,00 MWh	43,00 MWh	431,00 MWh	27,00 MWh	

Consumo Atual 2021																
UC	459388	459387	4721098	459372	459390	459381	459373	459391	459382	459374	459392	459383	459375	556563	459379	
Andar	23ª andar	22ª andar	21ª andar	20ª andar	19ª andar	18ª andar	17ª andar	16ª andar	15ª andar	14ª andar	13ª andar	12ª andar	11ª andar	Térreo A	Térreo B	
jan-21	29.100 kWh	600 kWh	120 kWh	100 kWh	4.520 kWh	9.720 kWh	3.640 kWh	4.440 kWh	6.800 kWh	4.160 kWh	7.080 kWh	1.280 kWh	4.160 kWh	34.400 kWh	2.880 kWh	
fev-21	28.800 kWh	640 kWh	160 kWh	100 kWh	3.320 kWh	7.200 kWh	2.400 kWh	2.560 kWh	4.040 kWh	3.400 kWh	3.920 kWh	1.120 kWh	2.880 kWh	35.680 kWh	1.920 kWh	
mar-21	30.600 kWh	680 kWh	100 kWh	100 kWh	3.440 kWh	7.280 kWh	2.240 kWh	2.400 kWh	3.360 kWh	3.480 kWh	3.080 kWh	1.320 kWh	2.760 kWh	37.760 kWh	1.840 kWh	
abr-21	25.800 kWh	640 kWh	100 kWh	100 kWh	2.840 kWh	6.640 kWh	1.960 kWh	2.160 kWh	3.480 kWh	3.040 kWh	3.000 kWh	1.200 kWh	2.600 kWh	35.040 kWh	1.040 kWh	
jun-21	24.600 kWh	600 kWh	100 kWh	100 kWh	2.880 kWh	6.080 kWh	2.080 kWh	2.400 kWh	4.080 kWh	3.440 kWh	3.160 kWh	1.440 kWh	2.600 kWh	37.920 kWh	1.080 kWh	
jul-21	20.400 kWh	600 kWh	100 kWh	100 kWh	2.280 kWh	4.520 kWh	1.920 kWh	1.960 kWh	3.400 kWh	3.000 kWh	2.720 kWh	1.360 kWh	2.040 kWh	33.920 kWh	680 kWh	
ago-21	22.500 kWh	640 kWh	100 kWh	100 kWh	2.560 kWh	5.200 kWh	2.280 kWh	2.400 kWh	3.960 kWh	3.080 kWh	2.920 kWh	1.400 kWh	2.480 kWh	36.160 kWh	760 kWh	
set-21	25.700 kWh	640 kWh	100 kWh	100 kWh	4.480 kWh	8.800 kWh	3.080 kWh	4.160 kWh	6.040 kWh	5.400 kWh	4.480 kWh	2.600 kWh	4.360 kWh	40.160 kWh	1.760 kWh	
out-21	24.600 kWh	640 kWh	1													

TABELA 14 CÁLCULO DE RETORNO DE INVESTIMENTO NO SISTEMA FOTOVOLTAICO IMAGINADO (PAYBACK)

Ano	Energia Gerada kWh	Energia Consumida atual kWh	Tarifa	Fatura sem FV	Fatura com FV	Economia Financeira	Valor Total Equipamento + Obra + Serviço	O&M	Fluxo de Caixa Anual	Fluxo de Caixa Acumulado
-	[kWh]	[kWh]	[R\$/kWh]	[R\$/ano]	[R\$/ano]	[R\$/ano]	[R\$]	[R\$]	[R\$]	[R\$]
0	0	0	0,0000000	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ (310.259,88)	R\$ -	R\$ (310.259,88)	R\$ (310.259,88)
1	89.438	1.149.000	0,9520494	R\$ 1.093.904,76	R\$ 1.008.755,37	R\$ 85.149,39	R\$ -	R\$ (1.551,30)	R\$ 83.598,09	R\$ (226.661,79)
2	88.722	1.149.000	1,1571208	R\$ 1.329.531,85	R\$ 1.226.869,20	R\$ 102.662,65	R\$ -	R\$ (1.621,11)	R\$ 101.041,54	R\$ (125.620,25)
3	88.013	1.149.000	1,4063647	R\$ 1.615.913,01	R\$ 1.492.135,03	R\$ 123.777,97	R\$ -	R\$ (1.694,06)	R\$ 122.083,92	R\$ (3.536,33)
4	87.309	1.149.000	1,7092956	R\$ 1.963.980,67	R\$ 1.814.744,44	R\$ 149.236,23	R\$ -	R\$ (1.770,29)	R\$ 147.465,94	R\$ 143.929,61
5	86.610	1.149.000	2,0774779	R\$ 2.387.022,10	R\$ 2.207.091,44	R\$ 179.930,66	R\$ -	R\$ (1.849,95)	R\$ 178.080,71	R\$ 322.010,32
6	85.917	1.149.000	2,5249666	R\$ 2.901.186,66	R\$ 2.684.248,44	R\$ 216.938,23	R\$ -	R\$ (1.933,20)	R\$ 215.005,02	R\$ 537.015,35
7	85.230	1.149.000	3,0688444	R\$ 3.526.102,27	R\$ 3.264.544,89	R\$ 261.557,39	R\$ -	R\$ (2.020,20)	R\$ 259.537,19	R\$ 796.552,54
8	84.548	1.149.000	3,7298735	R\$ 4.285.624,70	R\$ 3.970.271,03	R\$ 315.353,67	R\$ -	R\$ (2.111,10)	R\$ 313.242,57	R\$ 1.109.795,10
9	83.872	1.149.000	4,5332883	R\$ 5.208.748,26	R\$ 4.828.533,66	R\$ 380.214,61	R\$ -	R\$ (2.206,10)	R\$ 378.008,50	R\$ 1.487.803,61
10	83.201	1.149.000	5,5097586	R\$ 6.330.712,64	R\$ 5.872.296,71	R\$ 458.415,93	R\$ -	R\$ (2.305,38)	R\$ 456.110,55	R\$ 1.943.914,16
11	82.535	1.149.000	6,6965606	R\$ 7.694.348,14	R\$ 7.141.646,69	R\$ 552.701,45	R\$ -	R\$ (2.409,12)	R\$ 550.292,33	R\$ 2.494.206,49
12	81.875	1.149.000	8,1389998	R\$ 9.351.710,73	R\$ 8.685.331,41	R\$ 666.379,32	R\$ -	R\$ (2.517,53)	R\$ 663.861,79	R\$ 3.158.068,27
13	81.220	1.149.000	9,8921403	R\$ 11.366.069,22	R\$ 10.562.631,14	R\$ 803.438,08	R\$ -	R\$ (2.630,82)	R\$ 800.807,26	R\$ 3.958.875,53
14	80.570	1.149.000	12,0229073	R\$ 13.814.320,53	R\$ 12.845.633,87	R\$ 968.686,66	R\$ -	R\$ (2.749,21)	R\$ 965.937,45	R\$ 4.924.812,98
15	79.926	1.149.000	14,6126416	R\$ 16.789.925,17	R\$ 15.622.002,14	R\$ 1.167.923,03	R\$ -	R\$ (2.872,92)	R\$ 1.165.050,11	R\$ 6.089.863,09
16	79.286	1.149.000	17,7602046	R\$ 20.406.475,05	R\$ 18.998.337,35	R\$ 1.408.137,70	R\$ -	R\$ (3.002,20)	R\$ 1.405.135,49	R\$ 7.494.998,58
17	78.652	1.149.000	21,5857526	R\$ 24.802.029,78	R\$ 23.104.270,82	R\$ 1.697.758,95	R\$ -	R\$ (3.137,30)	R\$ 1.694.621,65	R\$ 9.189.620,23
18	78.023	1.149.000	26,2353237	R\$ 30.144.386,99	R\$ 28.097.438,41	R\$ 2.046.948,58	R\$ -	R\$ (3.278,48)	R\$ 2.043.670,10	R\$ 11.233.290,33
19	77.398	1.149.000	31,8864125	R\$ 36.637.487,95	R\$ 34.169.529,53	R\$ 2.467.958,42	R\$ -	R\$ (3.426,01)	R\$ 2.464.532,40	R\$ 13.697.822,74
20	76.779	1.149.000	38,7547457	R\$ 44.529.202,85	R\$ 41.553.642,64	R\$ 2.975.560,20	R\$ -	R\$ (3.580,18)	R\$ 2.971.980,02	R\$ 16.669.802,76
21	76.165	1.149.000	47,1025180	R\$ 54.120.793,14	R\$ 50.533.229,24	R\$ 3.587.563,91	R\$ -	R\$ (3.741,29)	R\$ 3.583.822,62	R\$ 20.253.625,38
22	75.556	1.149.000	57,2484003	R\$ 65.778.411,99	R\$ 61.452.969,42	R\$ 4.325.442,57	R\$ -	R\$ (3.909,65)	R\$ 4.321.532,92	R\$ 24.575.158,30
23	74.951	1.149.000	69,5797058	R\$ 79.947.081,93	R\$ 74.731.996,17	R\$ 5.215.085,76	R\$ -	R\$ (4.085,58)	R\$ 5.211.000,17	R\$ 29.786.158,47
24	74.352	1.149.000	84,5671744	R\$ 97.167.683,38	R\$ 90.879.975,47	R\$ 6.287.707,91	R\$ -	R\$ (4.269,43)	R\$ 6.283.438,47	R\$ 36.069.596,94
25	73.757	1.149.000	102,7829438	R\$ 118.097.602,37	R\$ 110.516.658,83	R\$ 7.580.943,55	R\$ -	R\$ (4.461,56)	R\$ 7.576.481,99	R\$ 43.646.078,93

FONTE AUTORIA PRÓPRIA